

Proyecto fin de carrera



Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

Profesor: Domingo José Santana Santana

Alumno: Ernesto Budia Sánchez

A mis padres

Y amigos

Agradecimientos

Gracias, en primer lugar a mis padres por su dedicación y esfuerzo para que estudiase que no siempre fue correspondida por mi parte. A ellos dedico este proyecto

Gracias, también a todos los profesores que a lo largo de mi carrera despertaron en mi el interés por la ingeniería y las matemáticas

Y por ultimo gracias a mis compañeros y amigos que tantas barreras hemos superado juntos, en especial a; Ignacio Sepúlveda que has sido mi apoyo y hemos compartido penas y alegrías durante toda nuestra carrera, Luis Alfonso Sánchez Arenillas las practicas hubieran sido muy duras sin tu ayuda, Antonio Castellanos que me demostraste que no hay asignatura difícil sino horas de menos en la biblioteca

GRACIAS A TODOS



INDICE

1	INTRODUCCIÓN	5
2	DEFINICIÓN, OBJETIVOS Y ALCANCE DE UNA AUDITORIA ENERGÉTICA.....	6
2.1	Definición.....	6
2.2	Objetivos.....	7
2.3	Alcance	8
3	PERFIL PROFESIONAL DEL AUDITOR ENERGETICO	10
4	MATERIAL NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DE AUDITORIAS.....	11
4.1	Analizador de redes eléctricas.....	11
4.2	Analizador de gases de combustión.....	21
4.3	Luxómetro	25
4.4	Caudalímetro	26
4.5	Cámara de termografía	29
4.6	Otros equipos de medida (Equipos Multifunción)	34
4.7	Ordenador portátil	36
4.8	Herramientas.....	36
4.9	Material de seguridad	37
5	METODOLOGIA	38
5.1	Información Preliminar.....	40
5.2	Toma de datos y Mediciones.....	42
5.2.1	Toma de datos	43
5.2.1.1	Suministros Energéticos	43
5.2.1.2	Sistema Productivo	44
5.2.1.3	Tecnologías horizontales	44
5.2.2	Mediciones	47
5.2.2.1	Mediciones eléctricas	48
5.2.2.2	Fotografías termográficas.....	50
5.2.2.3	Análisis de gases de combustión	52
5.2.2.4	Niveles de iluminación.....	53
5.2.2.5	Mediciones de Caudal y Temperatura.....	55
5.2.2.6	Otras mediciones.....	56
5.2.3	Consejos a la hora de realizar la toma de datos y mediciones in situ	57



5.3	Análisis energéticos	60
5.3.1	Suministros energéticos	61
5.3.1.1	Electricidad	62
5.3.1.1.1	Tarifas de acceso	63
5.3.1.1.2	Suministro eléctrico de la fábrica.....	73
5.3.1.2	Gas Natural	75
5.3.1.2.1	Peajes de transporte y distribución	76
5.3.1.2.2	Suministro de gas de la fábrica	78
5.3.1.3	Otros combustibles.....	78
5.3.2	Sistema Productivo	79
5.3.2.1	Situación Actual	79
5.3.2.2	Análisis eléctrico	82
5.3.2.3	Análisis térmico	87
5.3.2.3.1	Elementos del sistema productivo con necesidades de calor	88
5.3.2.3.2	Elementos del sistema productivo con necesidades de frio.....	96
5.3.2.4	Particularidades	99
5.3.3	Tecnologías horizontales	100
5.3.3.1	Situación Actual	100
5.3.3.2	Análisis eléctrico	103
5.3.3.3	Iluminación	106
5.3.3.3.1	Niveles de iluminación	106
5.3.3.4	Generación y distribución de calor Industrial.....	112
5.3.3.4.1	Generación de calor	112
5.3.3.4.2	Distribución de Calor Industrial.....	119
5.3.3.5	Generación y distribución de frio Industrial.....	123
5.3.3.5.1	Generación de frio	123
5.3.3.6	Aire Comprimido.....	130
5.4	Propuestas y conclusiones	133
5.4.1	Mejoras de ahorro y eficiencia energética	134
5.4.1.1	Suministros energéticos	135
5.4.1.2	Sistema Productivo	137
5.4.1.3	Tecnologías horizontales	145
5.4.1.3.1	Iluminación.....	145
5.4.1.3.2	Generación y distribución de calor industrial	147



5.4.1.3.3 Generación y distribución de frio Industrial	155
5.4.1.3.4 Generación y distribución de Aire Comprimido.....	157
5.4.2 Análisis de la viabilidad económica	159
5.4.2.1 Análisis Económico a nivel básico.....	159
5.4.2.2 Análisis económico en profundidad	160
APENDICE I Repaso de termodinámica	163
AI.1 Balances termodinámicos en un sistema cerrado	163
AI.2 Balances termodinámicos en un sistema abierto	165
AI.3 Modelo de sustancias.....	166
AI.4 Tipos de procesos	170
AI.5 Ejemplos de aplicaciones.....	172
AI.6 Graficas.....	174
APENDICE II: Combustión	176
AII.1 Combustión estequiometria.....	176
AII.2 Combustión incompleta	181
AII.3 Diagramas de combustión.....	183
AII.4 Calculo del calor del combustible.....	184
AII.5 Calculo del calor en inquemados sólidos y gaseosos	187
AII.6 Cálculo del calor sensible en los humos de la combustión	190
APENDICE III: Flujo de calor por convección y radiación $q[w]$	191
AIII.1 Coeficiente de convección equivalente de radiación h_{rad}	191
AIII.2 Coeficiente de convección más usuales h_{conv}	194
AIII.3 Coeficiente de convección+ radiación h_{conv_rad}	199
BIBLIOGRAFIA.....	201
AGENCIAS DE ENERGIA	201
LEGISLACIÓN	203



1 INTRODUCCIÓN

El ahorro de energía y la mejora de la eficiencia energética son desafíos importantes que se deben afrontar en los próximos años. Por ello, y para mejorar la competitividad, se deben poner en marcha las estrategias adecuadas y proporcionar las herramientas necesarias para introducir mejoras significativas en el desarrollo tecnológico y en las pautas de consumo de energía.

Toda empresa, industrial o de servicios, de mayor o menor tamaño, debe plantearse si sus instalaciones y procesos responden a un diseño optimizado desde el punto de vista energético. Una gestión energética adecuada dentro de la empresa conlleva el uso eficiente de la energía y, por consiguiente, la reducción de los costes energéticos en los procesos de producción.

Producir de forma eficiente es un objetivo que persigue todo industrial, pues ello, sin duda, le ayudará a competir con otras empresas de su mismo sector.

Una auditoría energética debe formar parte de los programas o planes de eficiencia energética de una empresa, los cuales deben comprender aquellas actuaciones encaminadas a lograr la máxima eficiencia en el consumo de energía, los máximos ahorros y el conocimiento del comportamiento energético de sus instalaciones.

El objetivo de este documento es proporcionar un modelo de auditoría energético para la realización de una auditoria energética en el sector industrial definiendo:

- Que es una auditoria energética en el sector industrial cuáles son sus objetivos
- Los medios técnicos y humanos necesarios
- Un modelo de metodología a seguir, donde se proponen los pasos a seguir en la realización de la auditoria



2 DEFINICIÓN, OBJETIVOS Y ALCANCE DE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA

2.1 Definición

La auditoría energética se define como un procedimiento sistemático para obtener un adecuado conocimiento del perfil de los consumos energéticos en una instalación, identificando y valorando las posibilidades de ahorro de energía desde el punto de vista técnico y económico. Dichas valoraciones suponen generalmente mejoras en la calidad de los servicios prestados, mejoras económicas y mejoras medioambientales.

En particular, las auditorías permiten:

- Conocer la situación energética actual, así como el funcionamiento y eficiencia de los equipos e instalaciones.
- Inventariar los principales equipos e instalaciones existentes.
- Realizar mediciones y registros de los principales parámetros eléctricos, térmicos y de confort.
- Analizar las posibilidades de optimización del suministro de combustibles, energía eléctrica
- Analizar la posibilidad de instalar energías renovables.
- Proponer mejoras y realizar su evaluación técnica y económica.

Asimismo, la realización de la auditoría energética será el punto de partida para que la empresa analizada disponga de la información necesaria sobre aquellas mejoras derivadas del propio estudio y sobre las buenas prácticas de uso eficiente de la energía



2.2 Objetivos

El objetivo general de las auditorías se resume en analizar las necesidades energéticas de la empresa auditada, integrando a todos los equipos y sistemas que forman parte de ella, y proponer soluciones de mejora en materia de ahorro de energía y de incorporación de nuevas energías que sean viables técnica y económicamente.

Dentro de esta idea general, los objetivos a plantearse serían

- **Conocer la Situación Energética de la fábrica**, determinar con la mayor exactitud posible los consumos reales de la planta. Averiguar cómo se compra y utiliza la energía, dónde se usa y con qué eficacia.
- **Obtener el balance energético global** de los equipos e instalaciones en consumos de energía para su cuantificación.
- **Identificar las áreas de oportunidad** que ofrecen potencial de ahorro de energía.
- **Determinar y evaluar económicamente los volúmenes de ahorro alcanzables** y medidas técnicamente aplicables para lograrlo.
- **Analizar las relaciones entre los costos y los beneficios de las diferentes oportunidades** dentro del contexto financiero y gerencial, para poder priorizar su implementación.
- **Usar la energía de forma racional**, lo cual conducirá a ahorros de energía sin apenas inversión.
- **Analizar la posibilidad de integrar instalaciones de energías renovables o alternativas en las instalaciones.**



Prioritariamente se buscan aquellas mejoras que, con un plazo de amortización razonable, puedan ser ejecutadas por la propia factoría. Por tanto no sólo se tienen en cuenta las tecnologías y equipos suficientemente desarrollados que puedan utilizarse en cada caso, sino también aquellos comportamientos que impliquen un mejor uso de las instalaciones y equipos, involucrando activamente al personal de la planta.

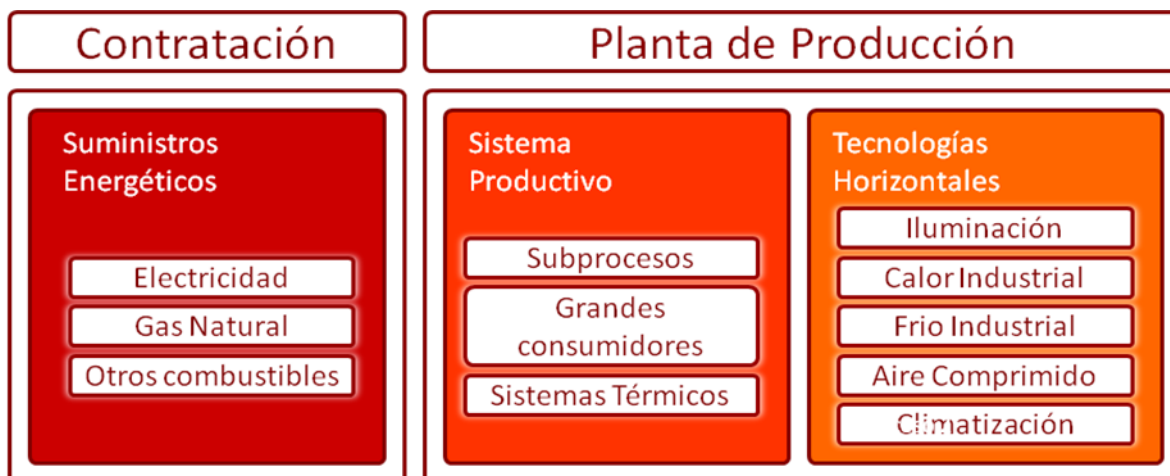
2.3 Alcance

Con el fin de cumplir con estos objetivos el alcance de las auditorias contempla las siguientes actuaciones:

- **El análisis de los suministro energéticos (incluyendo análisis de las condiciones de contratación de dichos suministros).** De todos los suministros energéticos exteriores incluyendo sus condiciones de contratación
 - Electricidad
 - Gas natural
 - Otros combustibles
- **Análisis del sistema productivo.** De todos los subprocesos, sistemas y equipos que participen en el proceso de producción
 - **Subprocesos:** Conjuntos de equipos de poco consumo que participan en una misma operación, ejemplo, todos los equipos de una zona de montaje manual
 - **Grandes Consumidores:** equipos que tienen la potencia necesaria para que se midan de forma independiente, ejemplo inyectoras, prensas, cadenas automáticas de montaje
 - **Sistemas Térmicos:** Equipos que generen calor o frio del sistema productivo, ejemplo, hornos, secadoras, etc.



- **Análisis de tecnologías horizontales.** De aquellas instalaciones que no pertenecen al proceso productivo pero que resultan imprescindibles para su desarrollo
 - Iluminación
 - Generación y distribución de Calor Industrial
 - Generación y distribución de Frio Industrial
 - Generación y distribución de Aire Comprimido





3 PERFIL PROFESIONAL DEL AUDITOR ENERGÉTICO

El auditor es la persona que ejecuta o lidera la ejecución de una auditoría energética. La relativa complejidad técnica de las instalaciones, así como la necesidad de manejar equipos de medida y de realizar ciertos cálculos, exigen que el Auditor sea, hasta cierto punto, un especialista.

Los perfiles más idóneos son:

a) Ingeniero Superior o Ingeniero Técnico Industrial

Preferiblemente de la especialidad Técnicas Energéticas, aunque también pueden ser adecuadas las de Mecánica o Eléctrica. Estos profesionales disponen de una formación teórica muy amplia, por lo que son los más adecuados para la realización de auditorías energéticas complejas en la industria. No obstante, esta amplia base teórica debe complementarse con una experiencia profesional de trabajo en diferentes áreas de una planta y/o sectores de actividad industrial o con el propio desarrollo de auditorías energéticas en compañía de otros expertos.

b) Técnico profesional Instalador y Mantenedor

Los instaladores pueden ser unos auditores energéticos muy adecuados, siempre y cuando cuenten con una adecuada formación adicional que le haya permitido ampliar sus conocimientos a la totalidad de instalaciones y de fijar los conceptos energéticos de mayor aplicabilidad.



4 MATERIAL NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DE AUDITORIAS

4.1 Analizador de redes eléctricas

Los analizadores de redes eléctricas son instrumentos de medida que miden directamente o calculan los diferentes parámetros eléctricos de una red, normalmente en baja tensión: tensión, intensidad, potencia y energía activas y reactivas, factor de potencia, etc. Así como los parámetros de calidad eléctrica que se recogen en la norma *“EN50160 Características de la tensión suministrada por la redes generales de distribución”*; armónicos, interarmónicos, asimétricos, etc. Todos los equipos de este tipo disponen, además, de la posibilidad de memorizar y/o registrar dichos parámetros mediante diversas funciones de programación.

Un equipo analizador de redes está compuesto por:

- El equipo registrador/analizador
- Tres pinzas amperimétricas
- Cuatro pinzas voltimétricas
- Uno o varios de los siguientes sistemas de extracción de los datos registrados:
 - Pequeña impresora matricial incorporada
 - Unidad de grabación de discos o tarjetas de memoria
 - Cable y software específico para comunicación con PC y software de tratamiento de datos.



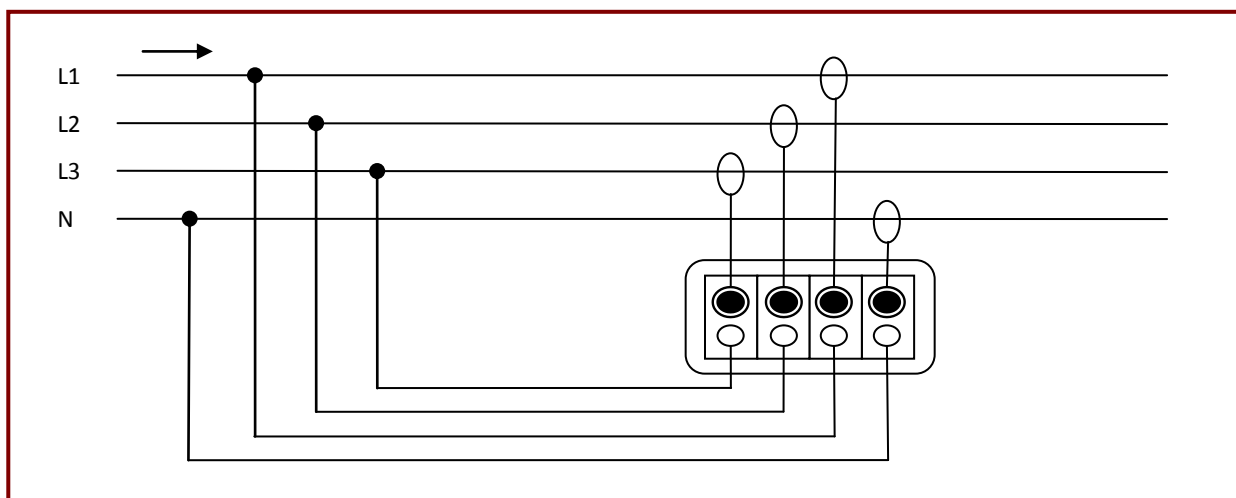
Forma de uso

A continuación se resume la forma habitual de medición programada con estos equipos (no obstante es imprescindible consultar el manual específico del fabricante):

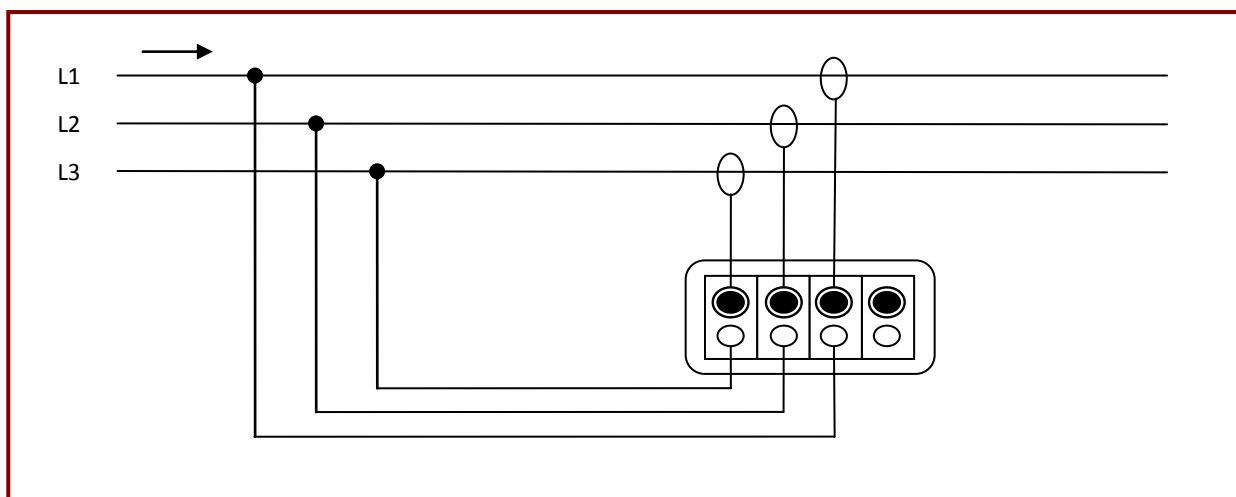
1. En primer lugar, antes de encender el equipo, adoptar las medidas de autoprotección que se consideren necesarias (abrir interruptores, guantes dieléctricos, alfombrilla aislante, etc.).
2. Conectar a las correspondientes entradas del analizador las pinzas amperimétricas que sean necesarias: tres para mediciones en líneas trifásicas desequilibradas, dos en líneas trifásicas equilibradas y una en líneas monofásicas.
3. Conectar, a las correspondientes entradas del analizador, las pinzas voltimétricas que sean necesarias: cuatro para mediciones en líneas trifásicas desequilibradas, tres en líneas trifásicas equilibradas y dos en líneas monofásicas.
4. Instalar las pinzas amperimétricas “abrazando” el/los correspondiente/s conductor/es (cables, pletinas, etc.).
5. Instalar las pinzas voltimétricas “mordiendo” el correspondiente conductor desnudo (allí donde exista tensión).
6. Comprobar la correspondencia de fases entre pinzas amperimétricas y voltimétricas (Una de éstas se instala en el neutro).
7. Conectar el analizador, encenderlo y programar relaciones de transformación, comienzo, final e intervalo entre mediciones, etc.
8. Comprobar que las lecturas en tiempo real son correctas y dejar los equipos adecuadamente protegidos y señalizados.
9. Finalizada la medida programada, extraer los datos mediante impresora, disco o conexión con un PC.



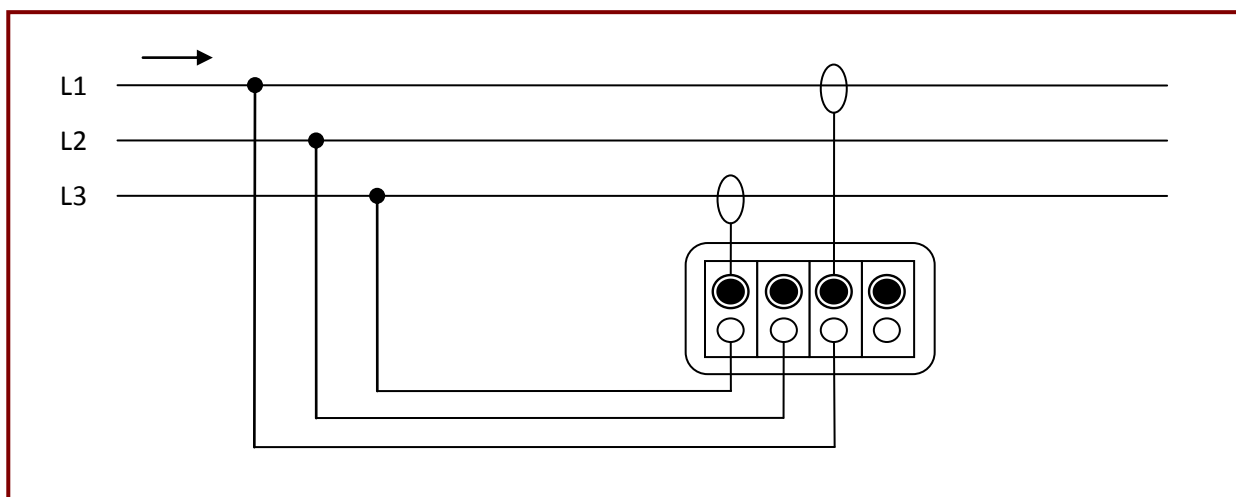
Esquema de montaje: Sistema Trifásico 4 hilos



Esquema de montaje: Sistema Trifásico 3 hilos



Esquema de montaje: Sistema Trifásico 3 hilos ARON





The diagram illustrates a 4-pole circuit breaker connected to a 3-phase system. The system consists of three horizontal lines labeled L1, L2, and N. An arrow above L1 indicates the direction of current flow. The circuit breaker is represented by a rectangular box with four internal poles, each containing a black circle (top) and a white circle (bottom). The connections are as follows:

- The N line is connected to the bottom terminal of the first pole.
- The L1 line is connected to the top terminal of the first pole.
- The L2 line is connected to the top terminal of the second pole.
- The bottom terminal of the second pole is connected to the top terminal of the third pole.
- The top terminal of the third pole is connected to the top terminal of the fourth pole.
- The bottom terminal of the fourth pole is connected to the bottom terminal of the first pole, completing the loop.

 Additionally, there are three vertical ovals on the right side of the diagram, each connected to one of the three lines (L1, L2, and N) and the top terminal of the first pole.

The diagram shows a 2-pole busbar with lines labeled L1 and N. An arrow above the L1 line indicates the direction of current flow. A 4-pole circuit breaker is connected to the busbar. The L1 line is connected to the top terminal of the first pole of the circuit breaker. The N line is connected to the top terminal of the second pole of the circuit breaker. The bottom terminals of both poles are connected to a common neutral rail. The circuit breaker is represented by a rectangle with four internal circles, each with a smaller circle inside, indicating the contact mechanism.

Fotografía pinzas amperimétricas “abrazando” el/los correspondiente/s conductor/es



Fotografía pinzas voltimétricas “mordiéndose” el correspondiente conductor desnudo





Habitualmente, los resultados de las mediciones se presentan en forma de ficheros informáticos de formato específico que solamente pueden ser tratados mediante el software del fabricante, o bien, en formato estándar ASCII que puede ser manejado con cualquiera de las aplicaciones informáticas convencionales (EXCEL, ACCESS, etc.).

Recomendaciones

Recomendaciones en el uso de estos equipos (no obstante consultar también las del fabricante):

1. Identificar claramente las fases y comprobar que las pinzas amperimétricas abarcan todos los cables.
2. Confirmar que la alimentación eléctrica del equipo se va a mantener durante todo el periodo de medición.
3. Verificar la posición de las pinzas amperimétricas con respecto al sentido de la intensidad.
4. Seleccionar las pinzas adecuadas en tamaño e intensidad máxima (Algunas pinzas disponen de dos relaciones de transformación, seleccionadas mediante un interruptor.)
5. Reiniciar los contadores (puesta a cero).
6. Comprobar que el equipo dispone de memoria suficiente para almacenar todos los datos durante el periodo de medición programado.

Estos equipos se suelen tomar mediciones de los parámetros eléctricos durante un periodo no menor de una semana, por lo cual, conviene tener más de un equipo para así reducir el tiempo en el desarrollo de la auditoria.

Además de los analizadores de redes, existen otros equipos más sencillos y económicos y manejables como por ejemplo, Registradores (Data Logger) de intensidad monofásica y trifásica. Éstos, son útiles para hacer medidas cuando en el mismo cuadro donde estemos midiendo con un analizador de red hay que medir el consumo de otro elemento, podemos aprovechar estos equipos para medir la intensidad y combinarlo posteriormente con las mediciones de tensión y factor de potencia del analizador de red

Ejemplos de equipos

- Analizadores de red
 - Circuitor AR.5 y AR.5I



- Maleta Satec PM175



- Registradores (Data Logger) de intensidad monofásico y trifásico
 - XL421 TRMS – XL422 TRMS





Circuitor AR.5 y AR.5I Características Técnicas

Modelos	AR.5		AR5L
Circuito de alimentación			
A través de alimentador externo	100 V c.a. - 240 V c.a. / 12 V c.c.		
Frecuencia	50...60 Hz		
Consumo	15 V·A		
Temperatura de trabajo	0 0C / + 40 0C		
Altitud	≤ 2 000 m		
Humedad de funcionamiento	80 % para temperaturas inferiores a 31 0C, disminuyendo linealmente hasta 50% a 40 0C		
Circuito de medida	Trifásico (3 hilos)	Trifásico (3 / 4 hilos)	
Seguridad	Categoría III - 600 V, según EN 61010		
Grado de contaminación	2		
Circuito de tensión			
Rango de medida	20 a 500 V c.a. (fase-neutro)		
Cambio de escala	Automático		
Otras tensiones	A través de transformadores de tensión		
Frecuencia	45 ... 65 Hz		
Medida de corriente			
Rango de medida	Según pinza de 0,01 A hasta 20 kA		
Relaciones de transformación de tensión y corriente	Programable		
Unidades de medida	Cambio de escala automático		
Memoria interna	1 Mb		
Clase de precisión (*)			
Corriente	0,5 % de la lectura ± 2 dígitos		
Tensión	0,5 % de la lectura ± 2 dígitos		
Potencia activa	1,0 % de la lectura ± 2 dígitos		
Potencia reactiva	1,0 % de la lectura ± 2 dígitos		
(*) Precisiones dadas con las siguientes condiciones de medida: Exclusión de los errores aportados por las pinzas y transformadores de tensión externos, con rango de temperaturas de 5 a 450 C y factor de potencia 0 a 1.			
Dimensiones	220 x 60 x 130 mm		
Conectores para pinzas amperimétricas	3	3 / 4	
Teclado / display	En panel frontal		
Peso	800 g		
Reloj interno y batería recargable	Sí		
Display	LCD 160 x 160 píxeles (retroiluminado)		
Salida RS-232	Salida serie		
Normas	EN 60664 , EN 61010 , EN 61036 , VDE 110 , UL 94		
Emisión electromagnética	EN 61000-3-2 (1995)Armónicos. EN 61000-3-3 (1995), Fluctuaciones de tensión. EN 61000-6-4 (2002), Emisión industrial. EN 55011 (1994): Conducida (EN 55022 - Clase B). EN 55011 (1994): Radiada (EN 55022 - Clase A).		
Inmunidad electromagnética	EN 61000-6-2 (2002)), Inmunidad industrial. EN 61000-4-2 (1995), Descarga electrostática. ENV 50140 (1993), Campo radiado EM de RF. EN 61000-4-4 (1995), Ráfagas de transitorios rápidos. ENV 50141 (1993), RF en modo común. EN 61000-4-8 (1995), Campo magnético a 50 Hz. EN 61000-6-1 (2002), Inmunidad doméstica. EN 61000-4-5 (1995), Onda de choque. EN 61000-4-11 (1994), Interrupciones de alimentación.		



Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

Satec PM175 Características Técnicas

Parámetro	Fondo de escala Rango Entrada	Precisión			Rango de medida
		% Lectura	% FE	Condiciones de medida	
Voltaje	120VxTV @ 120V 400VxTV @ 690V	0.2	0.01	10% a 120% FE	0 a 999,000 V
Corriente por Fase En medida de precisión I5- I8	TA	0.2 0.2 0.2	0.01 0.01	ANSI C12.20: 1% - 120 % FE 120% - 400% FE IEC 687 1% - 200% FE	0 a 9999 A
Corriente por Fase En medida de Protecciones I1- I4	TA	0.2		400% - 3000% FE	0 a 9999 A
Voltaje VDC	125V/220V		0.03	10% - 120% FE	0 a 290 VDC
Potencia Activa	.36xTVxTA@120V 1.2xTVxTA@690V	0.2	0.002 0.002	FP ≥ 0.5 y I ₁	-2.000.000 a +2.000.000 kW
Potencia Reactiva	.36xTVxTA@120V 1.2xTVxTA@690V	0.3	0.002 0.002	FP ≥ 0.9 y I ₁	-2.000.000 a +2.000.000 kvar
Potencia Aparante	.36xTVxTA@120V 1.2xTVxTA@690V	0.2	0.002 0.002	FP ≥ 0.5 y I ₁	0 a 2.000.000 kVA
Factor de Potencia	1000		0.35	FP ≥ 0.5 y I ≥ 2% FEI	-0.9999 a +1.000
Frecuencia		0.02			40.00Hz to 70.00Hz
DistorsiónArmónica Total, THD V (I), %Vf (%If)	999.9	1.5	0.2	THD ≥ 1% FE, V(I)≥10% FEV (FEI)	0 a 999.9
Demanda de Distorsión Total, TDD, %	100		1.5	TDD ≥ 1% FE, I ≥ 10% FEI	0 a 100
Energía Activa Importada & Exportada		Clase 0.2 ANSI C12.20-1998 Clase 0.2S (IEC 687-1992-6)			0 a 999,999.999 MWh
Energía Reactiva Importada & Exportada		Clase 0.2 ANSI C12.20-1998 Clase 0.2S (IEC 687-1992-6)			0 a 999,999.999 Mvarh
Energía Aparente Importada & Exportada		Clase 0.2 ANSI C12.20-1998 Clase 0.2S (IEC 687-1992-6)			0 a 999,999.999 MVAh
Voltios Hora		Clase 0.2	20% - 120% FE	0 a 999,999.999 kWh	
Amperios Hora		Clase 0.2	10% - 200% FE	0 a 999,999.999 kWh	
Componentes Simétricos	Voltaje FE Corriente FE Corriente FE	1 2 3	10% - 120% FE 10% - 200% FE 200% - 3000% FE		
Angulos del Fasor		1 Grado			
I ₁ 80% al 120% del fondo de escala de voltaje FS y del 1% al 200% del Fondo de Escala de Intensidad					
TA – Transformador Amperimétrico (primario) FEV – Fondo de Escala de Tensión Vf – Valor Fundamental de voltaje FP – Factor de Potencia			TV – Transformador Voltimétrico FEI – Fondo de Escala de Intensidad If – Valor Fundamental de Intensidad		
Observaciones					
La Precisión está expresada como ± (porcentaje de lectura + porcentaje del valor a Fondo de Escala) ± 1 dígito. Este valor, naturalmente no incluye las imprecisiones introducidas por los elementos de medida externos al instrumento como los transformadores voltimétricos y amperimétricos. La precisión debe ser calculada promediando lecturas de 1 segundo					



XL421 TRMS – XL422 TRMS Características Técnicas

XL421 TRMS – XL422 TRMS	
Sampling rate:	<ul style="list-style-type: none">• 64 point in 20ms for each sampling period.
Sampling period:	<ul style="list-style-type: none">• 1s, 6s, 30s, 1min, 5min
Memory capacity:	<ul style="list-style-type: none">• 1Mbyte• Autonomy in days (depending on batteries autonomy): 1.5(1s) ; 8(6s) ; 42(30s) ; 91(1min); 455(5min)
PC interface:	<ul style="list-style-type: none">• RS-232
Operating Temperature / Humidity:	<ul style="list-style-type: none">• -20°C to 60 °C ; 0 - 100%RH (RS-232 connector closed)
Storage Temperature / Humidity:	<ul style="list-style-type: none">• -20°C to 60 °C ; 0 - 100%RH (RS-232 connector closed)
General information:	<ul style="list-style-type: none">• Insulation: class 2 (double insulation).• Altitude max: 2000m• Protection degree: IP65 (RS-232 connector closed)
Power supply:	<ul style="list-style-type: none">• 2x1.5V alkaline battery type LR6-AA-AM3-MN1500• Battery autonomy: >6months
Dimension:	<ul style="list-style-type: none">• 120 (L) x 80(La) x 43(H) mm• Maximum diameter conductor: 174mm
Weight:	<ul style="list-style-type: none">• about 500g (with internal batteries).
Reference Standards:	<ul style="list-style-type: none">• LVD: IEC / EN 61010-1 CAT III 1000V (to ground) CAT IV 600V (to ground)• EMC : IEC / EN61326 (1997)+ A1 (1998) +A2 (2001)
This instrument complies with the requirements of the European Low Voltage Directives 2006/23/EEC (LVD) and EMC 2005/108/EEC	



4.2 Analizador de gases de combustión

El analizador de gases de combustión es un instrumento que mide directamente, o calcula, los diferentes parámetros que determinan las características de una combustión en un determinado equipo consumidor de combustible: caldera, horno, motor, etc.

Entre dichos parámetros destacan, por ejemplo: concentración de oxígeno, monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SOX), óxidos de nitrógeno (NOX), inquemados sólidos, tiro, y temperatura del aire ambiente y de gases, cálculo del rendimiento de combustión, índice de exceso de aire, etc.

Su aplicación se basa en la toma de una muestra de los gases que discurren por la chimenea o el conducto de humos, tomada por succión a través de un orificio practicado en la misma y obteniendo la concentración de sus componentes mediante analizadores electrónicos con sensores electroquímicos con los que están equipados estos analizadores. Además, estos equipos vienen provistos de una sonda termopar para la toma de la temperatura de los gases, y con un programa en su memoria que, en función del análisis de los gases, de su temperatura y de la temperatura ambiente, ofrece en pantalla el rendimiento de la combustión.

Para ello, estos equipos disponen de un conducto de aspiración (creada por una micro bomba con la que van equipados) para la toma de la muestra de gas, y de un programa de cálculo en su memoria interna con la composición de los combustibles más habituales, por lo que los resultados son inmediatos una vez seleccionado el combustible adecuado. La pantalla con que vienen equipados estos analizadores, e incluso su impresora. Algunos analizadores disponen, además, de la posibilidad de registrar dichos parámetros mediante funciones de programación.



Normalmente, están compuestos por:

- Equipo analizador
- Sonda para toma de muestras de gases y medición de tiro.
- Termómetro ambiente
- Termómetro de contacto
- Bomba opacimétrica

Forma de uso

A continuación, se resume la forma habitual de medición con estos equipos (no obstante es imprescindible consultar el manual específico del fabricante):

1. Colocar filtro en la bomba opacimétrica.
2. Introducir el tubo de la misma en el orificio de toma de muestras un tercio del diámetro de la chimenea y bombear lentamente el número de veces que establezca el fabricante.
3. Determinar visualmente, mediante comparación con la escala de Bacharach, el índice de opacidad de los gases.
4. Tomar diversas medidas de temperatura superficial del equipo mediante el termómetro de contacto.
5. Conectar, a las correspondientes entradas del analizador, el conducto de entrada de gases y el termómetro ambiente de la sonda de gases.
6. Poner en marcha el analizador y llevar a cabo la autocalibración (medición de condiciones ambientales).
7. Introducir la sonda en el orificio de toma de muestras un tercio del diámetro de la chimenea y comenzar la toma de medidas.
8. Registrar en el equipo o imprimir los resultados de medición.



Recomendaciones

Recomendaciones en el uso de estos equipos (no obstante consultar también las del fabricante):

1. Localizar el punto adecuado para la toma de muestras de forma que esté lo más próximo a la caja de humos.
2. Evitar las infiltraciones parásitas de aire (el orificio de toma de muestras estará posiblemente en depresión).
3. El quemador debe estar a régimen en la posición de máxima potencia y funcionar en continuo un mínimo de 5 minutos.
4. Se recomienda hacer varias medidas consecutivas a diferentes marchas si el quemador es modulante.

Ejemplo de equipo

- Analizador de Combustión
 - CHEMIST 200





Chemist 200 Características Técnicas

PARAMETRO	SENSOR	RANGO	RESOLUCIÓN	PRECISIÓN
O ₂	Electroquímico	0 – 25 %	0,10%	± 0,2% Vol.
CO	Electroquímico	0 – 4000 ppm	1 ppm	±20 ppm 0 - 400 ppm ±5% val.med. 400 - 2000 ppm ±1% val.med. 2000 – 4000 ppm
NO _x	Electroquímico	0 – 4000 ppm	1 ppm	±5 ppm 0–100 ppm
				5% val.med. 0-1000 ppm
				10% val.med 1000-4000 ppm
CO ₂	Calculado	0 – 99,9 %	0,10%	
Taire	Pt 100	-10 – 100 °C	0,1 °C	±1 °C
Tgas	Tc K	0 – 600 °C	0,1 °C	±2 °C -10 a 200°C
Presión/Tiro	Piezoresistencia	10hPa hasta 120hPa	0,01 hPa	± 3Pa<300 Pa ±1% de la lectura del final de la escala
Exceso de aire	Calculado	1,00 – 23.00	0,01	
Eficiencia	Calculado	0 – 100,0 %	0,10%	

4.3 Luxómetro

El luxómetro es un instrumento que permite medir la iluminancia o nivel de iluminación (lux) sobre una determinada superficie. Normalmente se trata de equipos muy sencillos y ligeros, formados por el analizador y la sonda fotosensible.

Forma de uso

Para la medición, basta con situar la sonda sobre la superficie o a la altura a la que se desea conocer la iluminancia y tomar la lectura.

Recomendaciones

La iluminancia es un parámetro muy sensible a cualquier cambio en la orientación de la sonda, altura a la que se sitúa, sombras, etc. y existen grandes divergencias entre las lecturas de diferentes aparatos (el margen de error suele ser, por lo tanto, grande). Además, el rango de sensibilidad del ojo humano es amplísimo: desde unos pocos hasta decenas de miles de luxes. Por todo ello, los resultados deben registrarse como intervalos entre lecturas máximas y mínimas.

Ejemplos de equipos

- Luxómetro
 - Testo 435-2 + Sonda LUX



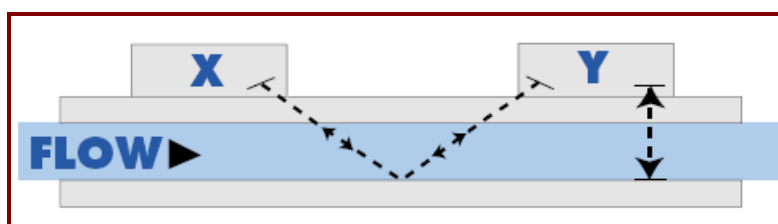
Testo 435-2 + Sonda Lux: Características Técnicas (Ver Otros Equipos de medida Testo 435)

4.4 Caudalímetro

Los caudalímetros, como su nombre indica, son instrumentos concebidos para medir el caudal de fluido circulante por una tubería, generalmente en el caso que nos ocupa, agua y aire.

En una Auditoría Energética, el tipo de caudalímetro que se utilizará normalmente es un caudalímetro ultrasónico portátil, no intrusivo, para la medición del caudal volumétrico sin contacto con el líquido. Básicamente los caudalímetros de ultrasonidos pueden utilizarse en todos aquellos lugares donde tanto las paredes de las tuberías como el líquido que circula por ellas permitan la propagación del sonido.

El caudalímetro ultrasónico portátil ultrasónico consiste de un par de transductores instalados externamente a la cañería, es decir sin intrusión dentro del fluido. Estos transductores están montados sobre un riel que permite mantenerlos alineados y separados a una distancia que depende del diámetro de la cañería. Los transductores y el riel son montados a la cañería mediante un par de cadenas. Ambos transductores son conectados a la electrónica del caudalímetro, en la cual se configura el diámetro de la cañería, el tipo de cañería, el espesor y tipo de fluido, entre otros parámetros



El sistema opera mediante la emisión de una señal sónica que atraviesa la cañería y viaja por el fluido. El transductor A emite una señal al transductor B mediante el rebote de la señal en el otro extremo de la cañería. Cuando la señal acústica tiene la dirección del fluido esta es acelerada por la velocidad del fluido. Luego el transductor B emite una señal acústica en contra la dirección del fluido desacelerando su velocidad. La diferencia de tiempo que toma el viaje del sonido en la misma distancia pero en direcciones opuesta es directamente proporcional a la velocidad del líquido.



Forma de uso

Los caudalímetros ultrasónicos no intrusivos son sencillos de usar, utilizan transductores externos que se pueden instalar fácilmente en el exterior del tubo, simplemente se deben seguir las recomendaciones del fabricante. Una vez instalados los transductores en la tubería, basta conectarlos al caudalímetro, encenderlo y tomar la lectura.

Recomendaciones

La colocación de los transductores se realiza exteriormente, en la conducción, por lo que se debe tener en cuenta la posible atenuación que pueda sufrir la señal sobre todo con materiales porosos como el fibrocemento, la fundición, etc. En este sentido, también debe tenerse en cuenta la capa de suciedad que aparece normalmente en todas las instalaciones y, por lo tanto, a la hora de realizar las mediciones es importante asegurarse de que la tubería se encuentra limpia ya que la suciedad impide un buen acoplamiento entre el transductor y la pared del conductor.

Esto también debe considerarse en mediciones realizadas en tuberías pintadas ya que muchas veces entre la pared de la conducción y la pintura se acumulan bolsas de aire y suciedad que atenúan y distorsionan la señal que emiten y reciben los transductores.

Ejemplo de equipo

- Caudalímetro
 - PORTAFOLW 300



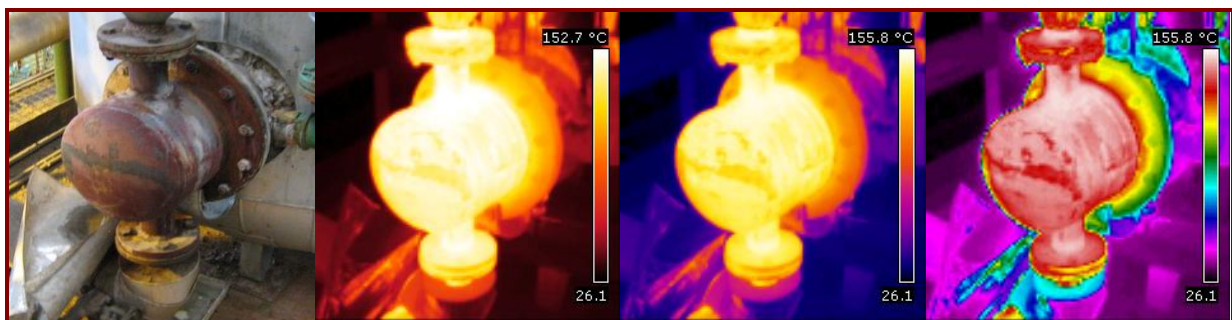


Portaflow 300 Características Técnicas

Electronic Enclosure		
	IP66 Protection Class Material - High Density Polyurethane	
	Weight	: < 1.5 Kg
	Dimensions	: 275 x 150 x 55mm
	Display	: 240 x 64 Graphics LCD with Backlight
	Keypad	: IP68 16 key tactile membrane
	Connectors	: Lemo, IP66 protection
	Temperature Range	: -10°C to +50°C Operating : -10°C to +50°C Storage
Supply Voltage		
Power supply/charger	Input	: 100-260V AC ±10% @50/60 Hz Max 9 watts
		: 9VDC unregulated
Battery Pack		
Internal Batteries	5 x 4/3 AA Nickel Metal Hydride	: 24-30 hrs continuous operating on fully charged battery cells
	Recharge time	: 10-16 Hours
Output/Inputs		
Display	Volumetric Flow	: M3, L, Galls, Imp, US Galls
	Flow Velocity	: metres/sec, feet/sec
	Flow Rate	: 0.2 m/sec... 12 m/sec to 4 significant figures
	Total Flow	: 12 digits Forward and Reverse
Analogue	4-20mA into 750	: user definable scaling
	Resolution	: 0.1% of full scale
Pulse	5 Volts	
	Max. 1 pulse per second	: User Definable scaling
Data Logging		
Output	Via RS232 or displayed Graphically	
Logs	Block data storage with text and graphic display, transferred to Microsoft Windows or Micronics user compatible software package (optional)	
Transducer Sets	Pipe Size	Velocity Range
“A”	13mm to 115mm (standard)	0.2...4 m/sec to (8 m/sec)
“B”	50mm to 1000mm (standard)	0.2...8 m/sec to (12 m/sec)
“C” high velocity	300mm to 200mm (optional)	0.2...4 m/sec to (7 m/sec)
“D”	1000mm to 5000mm (optional)	0.2...4 m/sec to (7 m/sec)
	Temperature range	-20°C to +200°C standard
	Frequency	1MHz, 2MHz and 0.5MHz
Pipe materials		
	Any sonic conducting medium such as Carbon Steel, Stainless Steel, Copper, UPVC, PVDF, Concrete , Mild Steel, Brass. Including Lined Pipes Epoxy/Rubber/Steel/Plastic.	
Repeatability		
	±0.5% with unxhanged transducer positions.	
Accuracy		
	± 1...2% of flow reading or ± 0.02 m/sec whichever is the greater The specification assumes turbulent flow profile with Reynolds numbers above 4000	

4.5 Cámara de termografía

La termografía es un procedimiento de imágenes que hace visible la radiación de calor (luz infrarroja) de un objeto o un cuerpo que es invisible al ojo humano. Con la ayuda de la termografía se pueden registrar y esquematizar mediciones de temperatura sobre áreas. Con la termografía se describe la percepción de la emisión de calor de objetos, máquinas, edificios, etc. Gracias a la termografía se puede hacer una idea exacta sobre posibles pérdidas térmicas o determinar fuentes de calor.



Entre las numerosas aplicaciones que tienen en auditorias energéticas cabe destacar:

- Detección de fugas de calor y deficiencias en aislamiento en sistemas térmicos
 - Calderas, Hornos, etc.
 - Redes de distribución de vapor, aceite térmico, agua sobrecalentada, etc.
 - Válvulas de seguridad.
 - Sistema de refrigeración
 - Redes de distribución de agua refrigerada
- Instalaciones eléctricas
 - Detección de falsas conexiones
 - Deterioro de los conductos eléctricos
 - Detección calentamiento de bornes
- Calentamiento de rodamientos y motores



Algunas cámaras termográficas cuentan con un software de análisis y valoración, permitiendo la captura digital del termograma para realizar un posterior análisis térmico.

Forma de uso

La cámara termográfica es de muy fácil uso ya que su funcionamiento es similar al de una cámara fotográfica, basta enfocar el área que se desea analizar y tomar la imagen, es decir, “apuntar y disparar”.

Dependiendo del modelo, se incorporan una serie de funcionalidades más avanzadas que permiten facilitar el análisis termográfico.

Cuando se realiza una fotografías termográfica se toman con unos valores de distancia y emisividad determinados que normalmente no corresponde con los reales que posteriormente se pueden variar, debido a esto se deberá anotar la distancia a la que se realiza a la Termografía del material de la superficie fotografiada, también se tendrá que anotar medidas de temperatura atmosférica y una fotografía normal de la zona para poder contratarlas posteriormente

Recomendaciones

Es recomendable que el Auditor tenga conocimiento básico sobre la tecnología de infrarrojos y sus principios, así como sobre los factores que pueden afectar a la termografía. Hay varios factores importantes que determinan una medición precisa.

Uno de los más importantes es la emisividad aunque también hay que tener en cuenta otros tales como elegir el campo visual correcto, o las condiciones ambientales y climatológicas.



Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

Los objetos con una baja emisividad reflejarán la energía de los objetos cercanos. Esta energía reflejada adicional se añade a la que por sí mismo transmite el objeto y puede provocar lecturas de resultados inexactas. A veces, los objetos cercanos al objeto a analizar (máquinas, calderas u otras fuentes de calor) tienen una temperatura mucho más alta que la del propio objeto. En estas situaciones es necesario compensar la energía reflejada desde esos objetos.

Tabla de emisividad de materiales más comunes en el sector industrial

Material	Temperatura		ϵ	Material	Temperatura		ϵ
Aluminio, laminado brillante	170	°C	0,04	Guijarro	90	°C	0,95
Asbestos	20	°C	0,96	Corcho	20	°C	0,7
Asfalto	20	°C	0,93	Esmeril rojo (desigual)	80	°C	0,86
Algodón	20	°C	0,77	Cámara calor, negra anodizada	50	°C	0,98
Hormigón	25	°C	0,93	Cobre, ligeramente mate	20	°C	0,04
Plomo, gris oxidado	20	°C	0,28	Cobre, oxidado	130	°C	0,76
Plomo, muy oxidado	20	°C	0,28	Cobre, pulido	20	°C	0,03
Techo de fieltro	20	°C	0,93	Cobre, negro oxidado	20	°C	0,78
Hielo, brillante	0	°C	0,97	Plásticos (PE,PP, PVC)	20	°C	0,94
Hielo, irregular	0	°C	0,99	Hojas	20	°C	0,84
Hierro, esmerilado	20	°C	0,24	Mármol, blanco	20	°C	0,95
Hierro brillante -grabado	150	°C	0,13	Recubrimiento de minio pintura	100	°C	0,93
Hierro con cuero	100	°C	0,8	Latón, oxidado	200	°C	0,61
Hierro con láminas de cuero	20	°C	0,77	NATO-verde	50	°C	0,85
Hierro ligeramente oxidado	20	°C	0,61	Papel	20	°C	0,97
Hierro muy oxidado	20	°C	0,85	Porcelana	20	°C	0,92
Tierra cultivada arada	20	°C	0,38	Pizarra	25	°C	0,95
Tierra, arcilla negra	20	°C	0,66	Pintura negra (mate)	80	°C	0,97
Tejas	25	°C	0,93	Seda	20	°C	0,78
Yeso	20	°C	0,9	Plata	20	°C	0,02
Vidrio	90	°C	0,94	Acero	200	°C	0,52
Oro, pulido	130	°C	0,02	Acero oxidado	200	°C	0,79
Caucho duro	23	°C	0,94	Arcilla, cocida	70	°C	0,91
Caucho gris blando	23	°C	0,86	Pintura transformadora	70	°C	0,94
Madera	70	°C	0,94	Agua	38	°C	0,67
Zinc blanco (pintura)	20	°C	0,95	Ladrillo, mortero, yeso	20	°C	0,93

Las condiciones ambientales (vapor, polvo, humo, etc.) son factores que pueden impedir una medición precisa al obstruir la trayectoria entre objetivo y la óptica de la cámara. Ruido, campos electromagnéticos o vibraciones son otras condiciones que pueden interferir con las mediciones de temperatura y deben tenerse en cuenta antes de iniciarlas.

Las condiciones climatológicas y la temperatura ambiente también deben ser tenidas en cuenta. Según los aspectos de interés a evaluar (pérdidas de calor, infiltraciones de aire, etc.), será recomendable realizar la termografía de unas determinadas condiciones climatológicas u otras, en un horario determinado, etc.

Ejemplo de equipo

- Cámara termográfica
 - InfraCAM TM





InfraCAM TM Características Técnicas

Desempeño de la Obtención de imágenes		InfraCAM	InfraCAM SD
Campo de visión/distancia focal mínima	Fijo a 25° x 25°/0.3m	•	•
Sensibilidad térmica	NETD	0.20°C	0.12°C
Modos de medición	Puntos / Áreas	punto fijo	áreas max/min
Tipo de detector	Microbolómetro no refrigerado con matriz de plano focal (FPA); 120 x 120 pixels	•	•
Rango espectral	7.5 to 13 µm	•	•
Presentación de las imágenes			
Display	LCD de 3.5" colorido con 240 x 240 pixels	•	•
Salida de vídeo	MPEG-4 via USB	•	•
Controles de Imagen	Fecha/hora, Idioma (Inglés, Español y Portugués),	•	•
Controles de Configuración	Informaciones, Intensidad del LCD (alto/normal/bajo), Desconecta	•	•
Rangos de temperatura	-10° C a +350°C	•	•
Almacenamiento de las imágenes			
Funciones de almacenamiento digital	Almacenamiento de la imagen, Borrar todas las imágenes, Borrar una única imagen y Abrir una imagen	•	•
Almac. de imágenes	En formato JPEG	50	>1.000
Laser LocatIR			
Clasificación	Clase 2	•	•
Tipo	Láser del tipo diodo AlGaInP semiconductor: 1mW/635 nm (rojo)	•	•
Fuente de Alimentación			
Tipo de batería	Li-Ion	•	•
Tiempo de Operación de la batería	7 horas. El display exhibe la duración de la batería	•	•
Sistema de carga	Entrada de la cámara, adaptador AC o entrada de 12V	•	•
Operación CA	Adaptador CA de 90-360 VAC, salida de 50/60 Hz /12VDC	•	•
Tensión de alimentación	11-16 VDC	•	•
Economía de energía	Desconexión automática (seleccionable por el usuario)	•	•
Condiciones Ambientales			
Rango de temperatura de operación	-15°C a 50°C	•	•
Rango de temperatura de almacenaje	-20°C a 70°C	•	•
Humedad	Operacional y almacenamiento - 20% a 80%, sin condensación, IEC 359	•	•
Resistente a agua y polvo (encapsulación)	IP 54	•	•
Descarga eléctrica Shock	25G, IEC 68-2-29	•	•
Vibración	2G, IEC 68-2-6	•	•
Características Físicas			
Peso	< 550g, incluyendo la batería	•	•
Tamaño	243mm x 81mm x 103mm	•	•
Color	Rojo	•	•
Trípode de montaje	Padrón, 1/4" - 20	•	•
Conexión			
USB	Transferencia de imagen para una computadora personal	•	•

4.6 Otros equipos de medida (Equipos Multifunción)

Dependiendo del alcance de la Auditoría Energética, puede ser de interés (o incluso imprescindible) el uso de otros equipos portátiles de medida. Así, para el estudio exhaustivo de las condiciones ambientales y de funcionamiento de las instalaciones, pueden precisarse sondas de temperatura ambiente y de fluidos (aire y agua) en conductos, anemómetros y caudalímetros, sondas de presión estática y dinámica (tubo Pitot), pirómetros ópticos, etc.

Recomendaciones








En el caso en que se vayan a emplear varios de estos equipos resulta recomendable, en vez de adquirirlos por separado, adquirir un único registrador o data logger universal con varias entradas y posibilidades de programación junto con las sondas que sea preciso. De esta forma, por un precio similar o incluso menor se dispone de mayores prestaciones.

Ejemplo de equipo

- Equipo Multifunción
 - Testo 435



Testo 435-2 Características Técnicas

Testo 435-2	
Temperatura de almacenamiento	-30 ... +70 °C
Temperatura de funcionamiento	-20 ... +50 °C
Peso	450 g
Medidas	220 x 74 x 46 mm
Material/Caja	ABS/TPE/metal
Tipo de sonda Tipo T (Cu-CuNi)	
Rango de medición	-200 ... +400 °C
Exactitud	±0.3 °C (-60 ... +60 °C)
	±0.3% del v.m. (rango restante)
Resolución	0.1 °C
Tipo de sonda NTC	
Rango de medición	-50 ... +150 °C
Exactitud	±0.2 °C (-25 ... +74.9 °C)
	±0.4 °C (-50 ... -25.1 °C)
	±0.4 °C (+75 ... +99.9 °C)
	±0.5% del v.m. (rango restante)
Resolución	0.1 °C
Tipo de sonda Tipo K	
Rango de medición	-200 ... +1370 °C
Exactitud	±0.3 °C (-60 ... +60 °C)
	±(0.2 °C +0.3% del v.m.) (rango restante)
Sondas	
	Sonda rápida de superficie con resorte de banda termopar, incluso para superficies irregulares, rango de medición (brevemente) hasta +500 °C, T/P tipo K Rango de medición -60 ... +300 °C
	Sonda de inmersión/penetración estanca, T/P tipo K Rango de medición -60 ... +400 °C
	Sonda de aire NTC precisa y resistente Rango de medición -50 ... +125 °C
	Sonda de lux, para medir la intensidad de la luz rango de medición 0 ... 100.000 Lux 0 ... 300 Hz
	Sonda de presión absoluta 2000 hPa Rango de medición 0 ... +2000 hPa
	Sonda de hilo caliente para m/s y °C, Øcabezal 7,5 mm, con empuñadura telescópica (máx. 820 mm) Rango de medición -20 ... +70 °C Rango de medición 0 ... +20 m/s
	Sonda molinete, diámetro 60 mm, con empuñadura telescópica máx. 910 mm, p.ej. para mediciones en salidas de conductos (se puede utilizar de 0 a +60 °C) Rango de medición +0.25 ... +20 m/s



4.7 Ordenador portátil

El ordenador portátil puede resultar un instrumento muy útil y práctico a la hora de realizar auditorías, siempre y cuando el Auditor siga una metodología sistemática ya que, en caso contrario, puede no suponer más que una molestia.

Un PC portátil permite extraer in-situ datos de los equipos de medición programables, introducir directamente los datos en un formulario de Auditoría, realizar cálculos rápidos que permitan tomar decisiones sobre el propio desarrollo de la auditoría, incluso enviar información mediante correo electrónico o realizar consultas a través de Internet.

4.8 Herramientas

Aparte de equipos más o menos especializados de auditoría, pueden resultar necesarios o útiles otros materiales y herramientas de uso común.

A continuación se hace una relación no exhaustiva:

- Destornilladores, alicates, tijeras, etc.
- Cinta métrica, linterna
- Alargadores, adaptadores, cables eléctricos, borneros, cinta aislante, etc.

Recomendaciones

Lo recomendable es disponer de una maleta reforzada y lo suficientemente grande para transportar ordenadamente las herramientas, así como los equipos de medida pequeños o el material de seguridad.



4.9 Material de seguridad

Un trabajo profesional exige la adopción de unas medidas de seguridad para la protección propia y de terceros, principalmente en la realización de mediciones.

Recomendaciones

Durante el desarrollo de una Auditoría Energética, los principales riesgos físicos suelen ser de origen eléctrico, aunque también existen otros como caídas o quemaduras.

A continuación se relaciona el material mínimo de protección individual recomendado (Todo él ha de ser homologado.)

- Casco
- Guantes dieléctricos clase “0” Hasta 1.000 V.
(preferibles sobre los de clase “00” Hasta 500 V)
- Gafas para corte
- Alfombrilla dieléctrica

5 METODOLOGIA

La metodología propuesta para la realización de las auditorías, es decir, los pasos a ejecutar para conseguir los objetivos mencionados (apartado 2.2.Obejetivos).

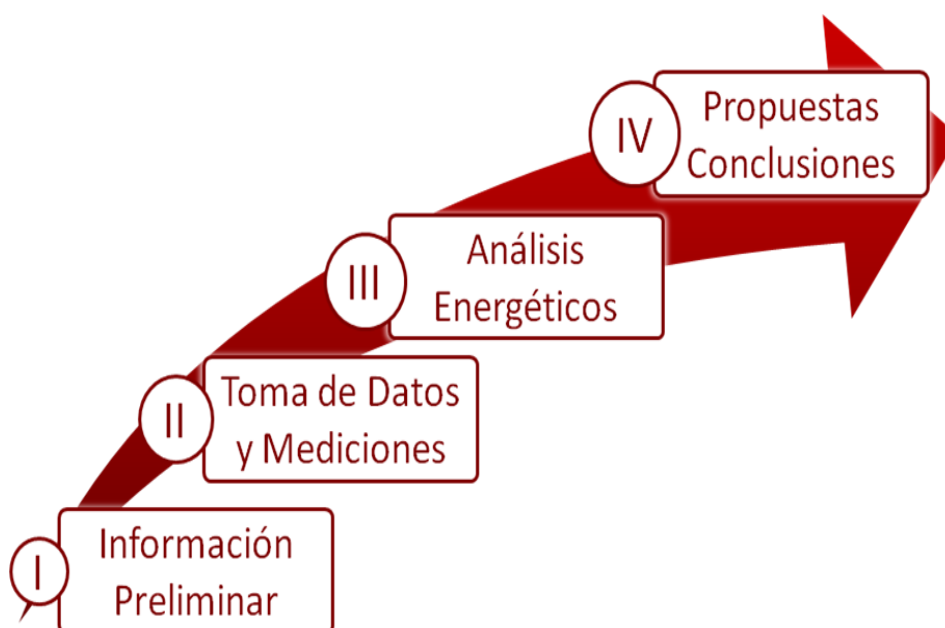
Se pueden resumir en:

Conocer la industria, es decir, cuánta energía consume, dónde y cómo, e identificar y evaluar medidas de ahorro y eficiencia energética así como facilitar la toma de decisiones en la empresa con respecto a su ejecución.

La metodología debe constar de:

- Análisis progresivo que revela dónde y cómo se usa la energía en las instalaciones.
- Evaluación técnica y económica de las posibilidades de reducir el costo específico de la energía en un establecimiento, de manera rentable y sin afectar la cantidad y la calidad del producto.

La metodología propuesta a la hora de auditar una fábrica esta dividida en 4 pasos:





- I. **Información Preliminar:** El Primer paso de la auditoria es que la empresa auditada proporciona la información necesaria, para poder conocer sus instalaciones, sistema productivo y realizar una buena preparación y organización del trabajo.

- II. **Toma de Datos y Mediciones:** El Segundo paso es la recopilación de toda la información y datos de la fabrica necesarios para la auditoria mediante la toma de datos, mediciones puntuales y mediciones durante periodos representativos.

- III. **Análisis Energéticos:** En el Tercer paso se realizan los análisis energéticos, lo cuales, proporcionan una fotografía de la situación energética actual de la fabrica auditada, en la que se pueden identificar deficiencias y áreas de oportunidad que ofrecen un potencial ahorro tanto por mejora de su uso como por el cambio de las instalaciones.

- IV. **Propuestas y conclusiones:** Por último se proponen las mejoras y actuaciones más adecuadas que puedan llevarse a cabo en las instalaciones para mejorar la eficiencia energética de su Empresa y alcanzar los objetivos, valorando el ahorro que ocasionan, la inversión, el Periodo de amortización y las posibles subvenciones aplicables en cada caso.



5.1 Información Preliminar

Es el punto de partida a la hora de realizar la auditoria energética. Tiene lugar antes de las visitas que se realizan a la fábrica y se realiza en la oficina, con el objetivo de asegurar que el equipo dispone de la información necesaria para realizar una **buena preparación y organización de los trabajos**.

Se deberán revisar todos los antecedentes y juntar toda la información disponible sobre las instalaciones, para poder hacer una planificación adecuada del trabajo.

También se deberá coordinar la cooperación con la fábrica auditada explicándole en que va a consistir la auditoria y solicitar la siguiente información preliminar

- Datos Generales y de contacto en la fábrica, puesta en marcha de la fabrica
- Número de empleados, distribución de trabajo, turnos y horarios, calendario laboral
- Planos de la Fabrica
 - Planta, oficina,...
 - Conductos de refrigeración, climatización, Agua, ACS,...
 - Conductos de distribución de Vapor, Aceite térmico, Agua sobrecalentada,...
 - Conductos de distribución de Aire comprimido
 - Instalaciones térmicas
 - Iluminación
- Inventario de la luminarias y lámparas de alumbrado
- Descripción del proceso productivo
- Listado del equipamiento instalado
- Información histórica de las facturas de los suministradores de energía
 - Electricidad, Gas, etc.
- Esquemas unifilares eléctricos
- Datos de producción de los distintos procesos



En muchas ocasiones conviene completar esta información con una visita previa con la que no solo se consigue esto sino que se mejora la coordinación con la fábrica y se puede obtener información de primera mano del funcionamiento real de la fábrica.

Con esta información se puede proceder a realizar la planificación de los trabajos que maximicen el aprovechamiento del tiempo de la realización de la Auditoria.



5.2 Toma de datos y Mediciones

Una vez analizada la información preliminar deberá determinarse cuál es la necesaria para completar todos los datos, que, se emplearán para determinar la situación energética actual de la factoría, identificar y evaluar las mejoras propuestas encaminadas a alcanzar la eficiencia energética.

Una vez determinados los datos a recoger en la factoría y las mediciones a realizar, es conveniente facilitar al cliente un planning de visitas y de mediciones. Este planning preliminar es algo dinámico que suele ser redefinido a medida que avanza la Auditoría, generalmente tras la realización de varias visitas a las instalaciones, cuando se dispone de un mayor conocimiento de los equipos y su situación en la factoría.

El Plan de mediciones deberá ajustarse a las necesidades detectadas, es decir, **en ocasiones no se dispone del tiempo o los recursos que quisiéramos para poder tomar las medidas necesarias para analizar todos los consumos de todos los equipos o instalaciones**, por tanto, deberán realizarse, por ejemplo, estudios de los principales consumidores o de aquellos susceptibles de ser afectados por alguna propuesta de mejora, con objeto de evaluar lo más exactamente posible los ahorros alcanzables, tanto energéticos como económicos, y de esta forma hacer un análisis coste-beneficio ajustado a la realidad.



5.2.1 Toma de datos

La toma de datos se realiza mediante la recopilación de información, tanto de la documentación que será facilitada por el personal de la fábrica, como la obtenida a través de visitas a las instalaciones.

Asimismo, es de vital importancia inventar los principales equipos energéticos existentes, junto con una descripción del estado de las instalaciones, en la que se podrá incluir, el plan de mantenimiento de las mismas y por tanto las revisiones y cualquier otro mantenimiento llevado a cabo en los equipos más importantes.

A continuación se incluyen listados de la información a recopilar, parte de esta información Podrá haber sido ya facilitada por el cliente, el resto por tanto deberá tenerse en cuenta para poder solicitarla durante las visitas a fábrica

5.2.1.1 **Suministros Energéticos**

- Facturas de los suministro energéticos
- Curvas de carga cuarto horarias de consumo eléctrico, de gas y de otros combustibles si se dispone de este tipo de medidas.
- Consumos parciales eléctricos, gas y otros combustibles
En procesos importantes o grandes equipos consumidores en los que puedan existir contadores parciales o un sistema de monitorización
- Plano de distribución de fuerza de la naves
- Esquemas, Planos de redes, interruptores de MT y BT
- Disposición de los centros de transformación
- Canalizaciones eléctricas y de gas principales
- Red de monitorización de consumos eléctricos si existe
- Etc.



5.2.1.2 Sistema Productivo

- Diagramas de flujo de materias primas y productos
- Descripción de funcionamiento y operación del procesos
- Listado e inventario de grandes consumidores
- Listado de Subprocesos dentro del proceso
- Características técnicas nominales de los grandes consumidores de energía
- Estado general de la planta y de los grandes consumidores que participan en el proceso
- Descriptivos de funcionamiento de grandes consumidores, sistemas térmicos y subprocesos
- Datos de producción (preferentemente horarios)
- Etc.

5.2.1.3 Tecnologías horizontales

Iluminación

- Plano de alumbrado de las naves de producción
- Plano de alumbrado de los almacenes
- Plano de alumbrado de las oficinas
- Plano de alumbrado de zonas exteriores y aparcamientos si existen
- Inventario de todas las lámparas y luminarias de la planta incluyendo las naves de proceso, los almacenes y las oficinas
- Inventario de los sistemas de encendido y de todos los dispositivos de regulación y control de la iluminación
- Sectorización de la Iluminación de las naves de producción, almacenes, oficinas
- Consigna de horarios y/o protocolo de uso
- Etc.



Calor Industrial

Generación de calor: caldera

- Plano del sistema de producción de potencia
- Diagrama de flujo del sistema de producción de potencia
- Listado de los principales equipos y auxiliares del sistema de producción de potencia
- Características técnicas nominales de los equipos principales y auxiliares del sistema de producción de potencia
- Etc.

Red de transporte: redes de vapor, agua sobrecalentada, etc.

- Planos y esquemas de las redes de transporte
- Plano de implantación de equipos
- Características técnicas de equipos
- Descriptivo de funcionamiento de los equipos
- Etc.

Frio Industrial

Sistema de producción de frio

- Plano del sistema de producción de frio
- Diagrama de flujo del sistema de producción de frio
- Listado de los principales equipos y auxiliares del sistema de producción de frio
- Características técnicas nominales de los equipos principales y auxiliares del sistema de producción de frio
- Etc.



Red de transporte

- Planos y esquemas de las redes de transporte
- Plano de implantación de equipos
- Características técnicas de equipos
- Descriptivo de funcionamiento de los equipos
- Etc.

Aire Comprimido

- Plano de instalación en central. Diagrama de flujo
- Plano de la red general de aire comprimido y de implantación de equipos
- Descriptivos de funcionamiento de equipos generadores
- Lista o inventario de equipos consumidores de energía
- Características técnicas de equipos generadores y resto de equipos
- Etc.

Para la toma de estos datos se puede disponer de cuestionarios tipo, de los cuales se tomarán aquellas partes aplicables a la empresa a auditar, teniendo en cuenta en todo momento la información que ya ha sido facilitada en las primeras fases de la Auditoria. Además se deben realizar entrevistas personales sobre las filosofías de operación de funcionamiento, horas de trabajo, etc.



5.2.2 Mediciones

Las mediciones se realizan con el fin de identificar la energía consumida en un equipo, en una parte del proceso o en el proceso total, obteniendo el consumo energético determinado de un equipo, una operación básica o un proceso.

A Partir de esta información podremos posteriormente se podrán realizar los balances de energía y calcular la eficiencia energética tanto térmica como eléctrica de los distintos equipos

Tipos de mediciones más típicas a la hora de realizar una auditoría:

- Mediciones eléctricas
- Análisis de gases de combustión
- Fotografías Termográficas
- Mediciones de los niveles de iluminación (luxes)
- Mediciones de Caudal y Temperatura
- Otras mediciones



5.2.2.1 Mediciones eléctricas

Normalmente y de forma genérica en una fábrica se suele tomar las siguientes mediciones eléctricas:

- **Suministro energético**

- Se mide la acometida general de la planta

- **Sistema productivo**

- **Subprocesos:** Se miden de forma conjunta todos los elementos de bajo consumo de un mismo subproceso
- **Grandes Consumidores:** Se mide el consumo de forma individual de los grandes consumidores de energía como: inyectoras, prensas, bombas, etc.
- **Sistemas térmicos:** Se mide el consumo eléctrico de hornos, secadoras, etc.

- **Tecnologías horizontales**

- **Iluminación:** Se mide el consumo de forma conjunta todas las luminarias que estén dentro de un mismo sector, dentro de la sectorización que exista en la fábrica
- **Calor industrial:** Por un lado se mide el conjunto de los equipos de generación de calor con su auxiliares y por otro de forma individual o en conjunto los consumidores pertenecientes a la red de distribución (bombas de impulsión)
- **Frio industrial:** Por un lado se mide el conjunto de producción de frio (grupo de frio) con su auxiliares (torres de refrigeración, ventiladores, bombas, etc.) y por otro de forma individual o en conjunto los consumidores pertenecientes a la red de distribución (bombas de impulsión)



- **Aire comprimido:** se mide cada compresor existente , las posibles secadoras y resto de auxiliares

Estas mediciones se analizan posteriormente comparándolas con la producción o los horarios consigna que existan y junto con la distribución del precio sacado a partir de las facturas obtenemos ratios como el consumo unitario o coste unitario que no servirán para determinar las oportunidades de ahorro existentes



5.2.2.2 Fotografías termográficas

Normalmente y de forma genérica en una fábrica se suele tomar las siguientes fotografías termográficas

- **Sistema productivo**

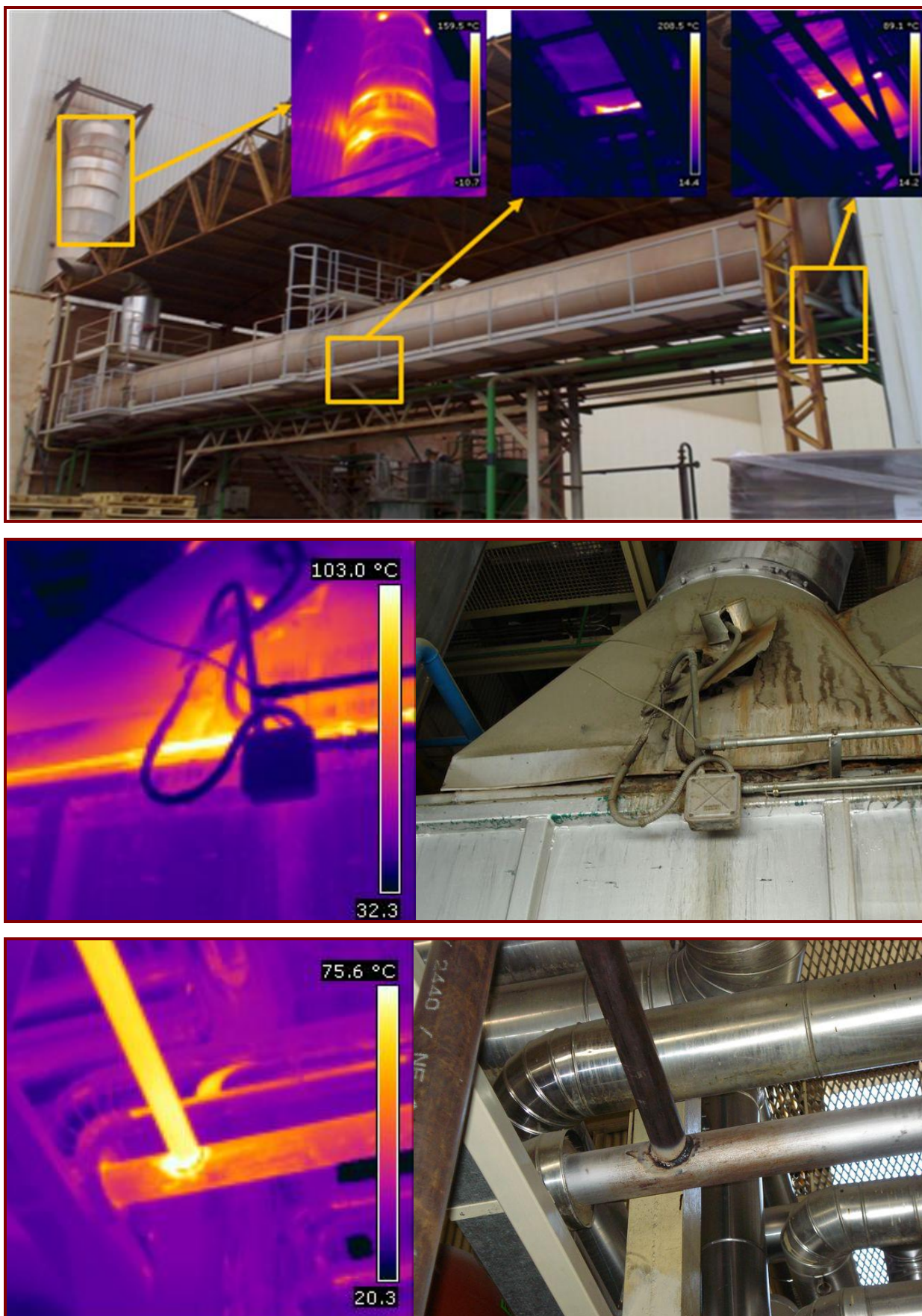
- La envolvente de los elementos (equipos, cadenas de montaje, baños, hornos, cámaras, etc.) del sistema productivo que consuman.
 - calor ya sea generado por efecto joule, por combustión o cedido de la red de transporte de de agua sobrecalentada, vapor, etc.
 - Frio ya sea generado por un equipo propio, o refrigerado por la red de transporte de agua refrigerada.
- Las entradas y salidas de las redes de distribución de calor y frio.
- Entradas y salidas de materias primas, producto y desechos.
- Las zonas que se generen calores residuales, como por ejemplo, el debido a la fricción, el que se ocasiona en los cuadros eléctricos por una mala conexión, etc.

- **Tecnologías horizontales**

- La envolvente de los productores de potencia y frio y sus auxiliares
- Las tuberías, válvulas, bombas e intercambiadores de las redes de distribución de calor y frio.
- La envolvente de los compresores y secadores del aire comprimido

En resumen todas las zonas donde puedan existir perdidas de calor o de refrigeración

Ejemplo de fotografías termográficas



5.2.2.3 Análisis de gases de combustión

Se analizan los gases procedentes de todos los tipos de combustión que existan en la fábrica



Normalmente y de forma genérica en una fábrica la combustión existe en los siguientes equipos:

- **Sistema productivo**
 - En los sistemas térmicos como Hornos y secadoras
- **Tecnologías horizontales**
 - Calor industrial: calderas



5.2.2.4 Niveles de iluminación

Se miden los niveles de iluminación de toda la fábrica incluyendo no solo la zona productiva sino también oficinas, almacenes y edificios auxiliares como pueda ser la sala de caldera.

Método de medición

A la hora de realizar estas mediciones el número mínimo de puntos a considerar dentro de la zona que queramos evaluar dependerá del índice del local (K) y de la obtención de un reparto cuadrulado simétrico. La influencia que tiene las dimensiones del local sobre el rendimiento de las luminarias viene dado por este índice K, que se calcula mediante las siguientes expresiones:

En el caso de que la emisión de flujo luminoso de las luminarias sea directo, predominantemente directo y uniforme:

$$K = L * A / H * (L + A).$$

En el caso de las luminarias sean indirectas y predominantemente indirectas:

$$K = 3 * L * A / 2 * H' * (L + A).$$

En donde:

- L = longitud del local
- A = anchura del local
- H = distancia entre el plano de trabajo (generalmente se considera 0,85 m sobre el suelo) y el plano horizontal de las luminarias emplazadas colgadas del techo, adosadas a éste o empotradas en el mismo.
- H' = distancia entre el plano de trabajo (0,85 m sobre el nivel del suelo) y el techo del local a iluminar



El número de puntos mínimos a medir será:

- $K < 1 = 4$ puntos
- $K \geq 1$ y $< 2 = 9$ puntos
- $K \geq 2$ y $< 3 = 16$ puntos
- $K \geq 3 = 25$ puntos

Por tanto, será necesario antes de realizar las mediciones de iluminancia, conocer las dimensiones de las salas y estancias, así como la altura a la que están situadas las luminarias del plano de trabajo, para posteriormente calcular el índice K de cada local y realizar la distribución simétrica de los puntos a medir sobre plano de las salas y determinar así el lugar donde se debe realizar la medición.

Estas mediciones se deberán realizar en periodos más representativos del trabajo diario, por lo que se deberá conocer la política que sigue la empresa en la iluminación en caso de que exista.



5.2.2.5 Mediciones de Caudal y Temperatura

La mediciones de caudal y temperatura nos sirven para cuantificar los balances energéticos de los distintos fluidos que entran y salen en los distintos sistemas.

Normalmente en las auditorias energéticas en el sector industrial se suelen tomar las siguientes mediciones

- **Sistema productivo**

- Salida y entrada de las redes de distribución de calor y frio en los elementos de sistema productivo
- Gases de escape de los elementos que presenten combustión
- Flujos de calor residual en las entradas y salidas de materias primas desechos y productos en sistemas térmicos
- Flujos de calor residual en elementos refrigerados por aire

- **Tecnologías horizontales**

- Salida y retorno de las redes de distribución de calor y frio
- Salida y entrada del termofluido o refrigerante al intercambiador con la red de distribución
- Salida y entrada del termofluido en los equipos de producción de potencia y frio
- Gases de escape en los equipos de producción de potencia
- Flujos de calor residual en elementos refrigerados por aire como el caso de compresores refrigerados por aire

En resumen se tomara medidas de todos los fluidos que consideramos necesario, para poder realizar luego los balances de energía.



5.2.2.6 Otras mediciones

Además de las mediciones mencionadas también se tomaran todas las mediciones que se consideren oportunas para el desarrollo de la auditoria como mediciones de tiempo, temperatura, presión y humedad

Como por ejemplo los tiempo de descarga y funcionamiento en compresores para cuantificar sus fugas o temperaturas del interior de de cámaras, evaporadores y condensadores, etc.



5.2.3 Consejos a la hora de realizar la toma de datos y mediciones in situ

- Hay que tener en cuenta que los que mejor conocen la factoría son los propios clientes o encargados de mantenimiento

Por lo que hablar con ellos sobre el funcionamiento de su planta o de las posibles deficiencias existentes puede ser lo más provechoso.

- Durante las visitas a las instalaciones, durante el tiempo en el que el personal encargado tiene que atender al equipo auditor no puede ejecutar su trabajo habitual,

Por lo que en ocasiones se pueden mostrar no muy participativos, debe quedar reflejado ante sus superiores el trabajo que están realizando, o si es el director de la planta el que te atiende, comentarle las ventajas que va a obtener su fábrica mediante la realización del estudio.

- Es de vital importancia el que el cliente ponga al equipo auditor en contacto con las personas adecuadas para obtener la mayor cantidad de información posible acerca del funcionamiento de la industria para un conocimiento más profundo de la fábrica.

La forma de que el cliente sepa con quién tiene que poner en contacto al equipo auditor es explicándole en qué consiste la auditoría energética, qué actuaciones se van a llevar a cabo y cómo, es decir, contar cuestiones prácticas: “voy a mirar todos los cuadros eléctricos”, “voy a visitar la sala de calderas y realizaré análisis de humos de combustión y tomaré medidas de temperaturas con un termómetro”, por ejemplo.

- Es aconsejable que una persona encargada en la factoría acompañe al equipo auditor, para mostrar la localización de los puntos de medida (por ejemplo de dónde cuelgan los equipos de los cuadros eléctricos) o para comprobar que no se ejecute ninguna acción que pueda dañar las instalaciones.



- Además se debe comentar al cliente otra serie de consideraciones prácticas en el caso de que las medidas o la toma de datos implique la interrupción de algún proceso o inconveniente al funcionamiento normal de la planta.
- Otra actividad a llevar a cabo en la toma de información in situ en la factoría es la de contrastar la información facilitada por el personal, en especial si esta información es cualitativa, con otros operarios, con el responsable en planta del estudio energético, etc. En ocasiones te responden por responder para no admitir que no sabe exactamente cómo funciona o de qué les estás hablando.
- El personal del grupo auditor debe cumplir con la Normativa Legal Vigente en materia de Seguridad y Salud y durante los trabajos con las propias impuesta por la empresa auditada. También deberá cumplirse con la legislación ambiental y cuantas normas y procedimientos ambientales existan en la

Por ejemplo, en el caso de los trabajos en cuadros eléctricos con tensión, como es el caso de la instalación de analizadores de redes en los cuadros (normalmente no se podrán apagar los interruptores a la hora de colocar el equipo), deberá asegurarse de que la persona que coloca el equipo es una persona cualificada, que ha recibido la formación en materia de prevención y salud necesaria y que además dispone de todos los EPI's (guantes, gafas, alfombra dieléctrica, botas de seguridad, etc.).

- Debemos tener en cuenta que en muchas ocasiones, para tener valores representativos en las mediciones debemos tomar dichas medidas en más de un día, y en que el periodo de medición incluya también fines de semana o días festivos, si varía el régimen de funcionamiento de la planta o de la instalación en función del día, o incluso deberá tenerse en cuenta en función de la temporada y la estacionalidad.



Una vez realizado el estudio tanto de los suministros energéticos de la industria como de sus instalaciones y su estado, se desarrolla el análisis energético de la fábrica: distribuyendo el total de la energía consumida en función de la fuente energética y los consumos de cada suministro entre los diferentes equipos e instalaciones consumidoras.

Asimismo, se calculan una serie de ratios energéticos, que relacionen el consumo de la fábrica durante un periodo con algún parámetro representativo, como puede ser la cantidad de materia prima procesada o la cantidad de producto elaborado. Y como fin último de la Auditoría:

- Se identifican aquellas áreas de oportunidad que ofrecen potencial de ahorro de energía
- Se proponen las actuaciones de ahorro y eficiencia energética pertinentes y se determinan y evalúan económicamente los volúmenes de ahorro alcanzables, analizando las relaciones entre los costos y los beneficios



5.3 Análisis energéticos

Con los datos recopilados se procederá a la elaboración de un diagnóstico que permita conocer la situación actual en cuanto a consumos y optimizar los equipos y procesos de la empresa de cara al ahorro energético. Incluirá los siguientes puntos:

- Cálculo de los balances de materia y energía.
- Cálculo de rendimientos y consumos específicos.
- Descripción de los sistemas utilizados, indicando las características, adecuación tecnológica, consumos, pérdidas y rendimientos de los diferentes equipos, procesos e instalaciones.
- Nivel de servicio, analizando la sobreutilización o infrautilización de las instalaciones respecto a su nivel óptimo.
- Diagramas de flujo de energía

Durante esta fase de la auditoría, pueden aparecer aspectos de la factoría de los cuales no se haya tenido constancia cuando se realizaron las visitas que influyan en el comportamiento energético de la misma, por lo que en ocasiones es necesario realizar alguna visita con posterioridad o realizar alguna otra medición si los datos obtenidos observamos que no son coherentes o pueden variar en gran cuantía en función del periodo de tiempo en que se hayan realizado.



5.3.1 Suministros energéticos

Los suministros energéticos comprenden las fuentes de energía, la negociación con los suministradores, la recepción y el control de los pedidos, y, si procede, su almacenamiento y distribución.

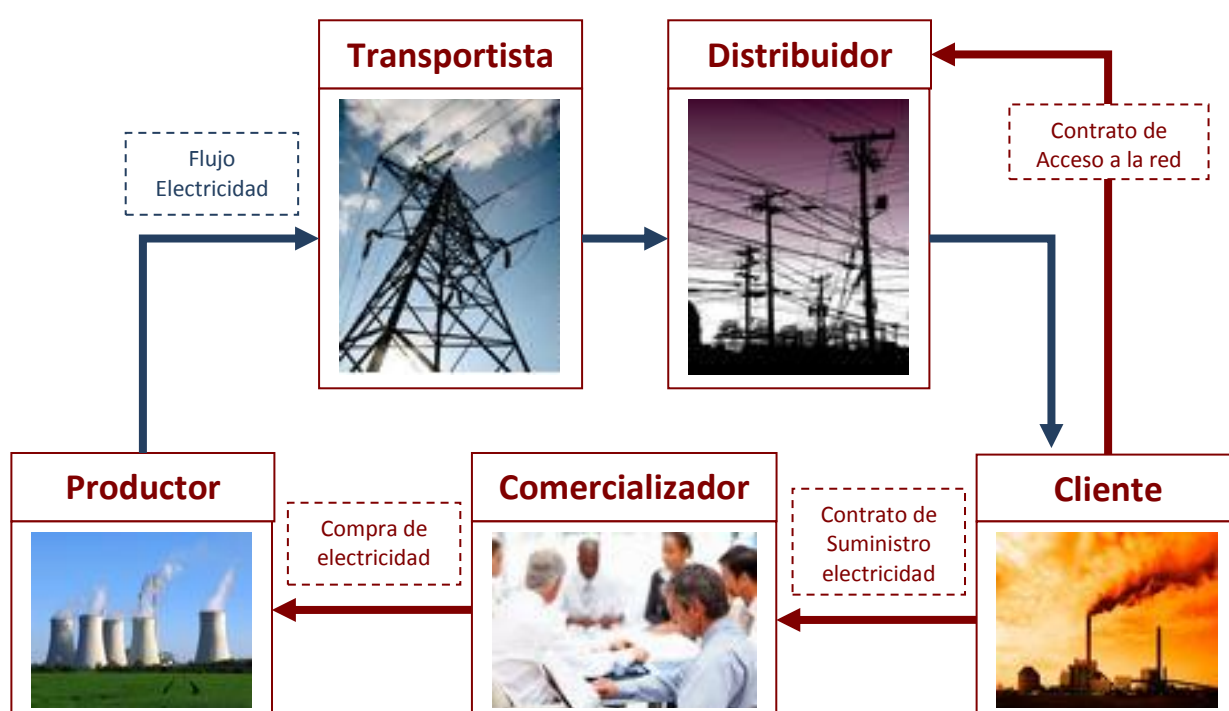
Se analizaran los suministros energéticos de la empresa. Mediante el estudio de La estructura del aprovisionamiento energético, que, vendrá condicionada tanto por factores externos como por factores internos, obtenidos a partir de la información recopilada y las mediciones efectuadas.

Factores externos a la empresa	Factores internos a la empresa
Disponibilidad del combustible	Estructura de consumo de la empresa
Precio	Viabilidad técnica del cambio de equipos
Costes de preparación y mantenimiento	Espacio disponible en la empresa
Calidad	Utilización de energías alternativas
Fiabilidad del suministro	Sustitución de fuentes de energía por otras convencionales
Poder calorífico	Implantación de nuevas tecnologías
Ubicación geográfica y vías de acceso	
Aspectos medioambientales	

5.3.1.1 Electricidad

Se analizan las facturas de la contratación y las lecturas de los contadores de la fábrica para conocer las condiciones actuales y poder optimizarlas, para ello, es necesario conocer la legislación actual del mercado liberalizado eléctrico, ya que actualmente la contratación del suministro eléctrico por parte del sector industrial se realiza en dicho mercado

Esquema Mercado eléctrico liberalizado



La legislación actual que regula el sector eléctrico viene recogida en el apartado de legislación de este documento (*Ver sector eléctrico de LEGISLACIÓN*)

Actualmente el precio de la electricidad en el mercado liberalizado tiene dos componentes:

- Tarifa de Acceso (peaje): mediante un precio regulado
- Energía: precio libre que se negocia con las distintas comercializadoras

El consumidor final contrata todo el suministro con la comercializadora ya acuerda los precios para el consumo de energía libre

5.3.1.1.1 Tarifas de acceso

Tipos de tarifa para el sector industrial

Las tarifas de acceso de aplicación general, sin más condiciones que las que las derivadas de la tensión a que se haga la acometida y las que se establecen para cada una de ellas, son las siguientes:

1. Tarifas de baja tensión: Se aplicarán a los suministros efectuados a tensiones no superiores a 1 kV y son las siguientes:

- **Tarifa 3.0A:** tarifa general para baja tensión. Se podrá aplicar a cualquier suministro de baja tensión.

2. Tarifas de alta tensión: Se aplicarán a los suministros efectuados a tensiones superiores a 1 kV y son las siguientes:

- **Tarifa 3.1A:** tarifa específica de tres períodos
 - Tensiones de 1 a 36 kV.
 - Potencia contratada ≤ 450 kW.
 - $P1 \leq P2 \leq P3$
- **Tarifa 6:** tarifas generales para alta tensión.

Nivel de tensión	Tarifa
≥ 1 kV y < 36 kV	6.1
≥ 36 kV y $< 72,5$ kV	6.2
$\geq 72,5$ kV y < 145 kV	6.3
≥ 145 kV	6.4
Conexiones internacionales	6.5

- Potencia contratada > 450 kW.
- $P1 \leq P2 \leq P3 \leq P4 \leq P5 \leq P6$



Periodos tarifarios

Los periodos tarifarios para cada una de las modalidades de tarifa son los siguientes:

- 1. Modalidad de tres periodos** La duración de cada período será la que se detalla a continuación:

Períodos horarios	Duración
1 = Punta	6 horas de lunes a viernes.
2 = Llano	10 horas de lunes a viernes de los días laborables y 6 horas de sábados, domingos y días festivos de ámbito nacional.
3 = Valle	8 horas de lunes a viernes de los días laborables y 18 horas de sábados, domingos y días festivos de ámbito nacional.

Se consideran horas punta, llano y valle los lunes a viernes de los días laborables, en cada una de las zonas, las siguientes:

Zona	Invierno			Verano		
	Punta	Llano	Valle	Punta	Llano	Valle
Península	17-23	8-17 23-24	0-8	10-16	8-10 16-24	0-8
Baleares	17-23	8-17 23-24	0-8	17-23	8-17 23-24	0-8
Canarias	17-23	8-17 23-24	0-8	10-16	8-10 16-24	0-8
Ceuta y melilla	18-24	0-1 9-18	1-9	10-16	9-10 19-24 0-1	1-9

Se consideran horas llano y valle de sábados, domingos y días festivos de ámbito nacional, para todas las zonas, las siguientes:

Invierno		Verano	
Llano	Valle	Llano	Valle
18-24	0-18	18-24	0-18

Los cambios de horario de invierno a verano o viceversa coincidirán con la fecha del cambio oficial de hora.

2. Modalidad de seis periodos Será de aplicación a las tarifas generales de alta tensión. Para esta modalidad los tipos de días, periodos tarifarios y horarios concretos a aplicar son los que se definen a continuación:

Tipos de días:

- Tipo A: De lunes a viernes no festivos de temporada alta con punta de mañana y tarde.
- Tipo A1: De lunes a viernes no festivos de temporada alta con punta de mañana.
- Tipo B: De lunes a viernes no festivos de temporada media con punta de mañana.
- Tipo B1: De lunes a viernes no festivos de temporada media con punta de tarde.
- Tipo C: De lunes a viernes no festivos de temporada baja, excepto agosto la península, abril para baleares y mayo para Canarias, Ceuta y Melilla.
- Tipo D: Sábados, domingos, festivos y agosto para el sistema peninsular, abril para el sistema balear y mayo para los sistemas de Canarias, Ceuta y Melilla.

Temporadas:

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	1-15 Junio	16-30 Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Peninsula	A	A	B1	C	C	B	A1	A1	D	B	C	B1	A
Baleares	B1	B1	C	D	B1	A	A	A	A	A	B1	C	C
Canarias	B1	B1	C	C	D	C	C	B	B	A	A	A	A
Ceuta	A	A	B1	C	D	C	C	B	A	B	C	B1	A
Melilla	A	A	B1	C	D	B	B	A1	A1	B	C	C	B1

El inicio de la temporada alta eléctrica coincidirá con el primer día del mes de la temporada alta con punta de mañana y tarde.



Periodos

- Período 1: 6 horas diarias de los días tipo A y 8 horas diarias de los días tipo A1.
- Período 2: 10 horas diarias de los días tipo A y 8 horas diarias de los días tipo A1.
- Período 3: 6 horas diarias de los días tipo B y B1.
- Período 4: Comprende 10 horas diarias de los días tipo B y B1.
- Período 5: Comprende 16 horas diarias de los días tipo C.
- Período 6: Resto de horas no incluidas y que comprende las siguientes:
 - 8 horas de los días tipo A y A1.
 - 8 horas de los días tipo B y B1.
 - 8 horas de los días tipo C.
 - 24 horas de los días tipo D.

Zona 1: Península

Período tarifario	Tipo de día					
	Tipo A	Tipo A1	Tipo B	Tipo B1	Tipo C	Tipo D
1	De 10 a 13 h. De 18 a 21h	De 11a 19 h.	---	---	---	---
2	De 8 a 10 h. De 13 a 18h. De 21 a 24 h.	De 8 a 11 h. De 19 a 24 h.	---	---	---	---
3			De 9 a 15 h.	De 16 a 22 h.	---	---
4			De 8 a 9 h. De 15 a 24 h.	De 8 a 16 h. De 22 a 24 h.	---	---
5			---	---	De 8 a 24 h.	---
6	De 0 a 8	De 0 a 8	De 0 a 8	De 0 a 8	De 0 a 8	De 0 a 24



Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

Zona 2 y 3: Baleares y Canarias

Período tarifario	Tipo de día					
	Tipo A	Tipo A1	Tipo B	Tipo B1	Tipo C	Tipo D
1	De 11 a 14 h. De 18 a 21h	De 11a 19 h.	---	---	---	---
2	De 8 a 11 h. De 14 a 18h. De 21 a 24 h.	De 8 a 11 h. De 19 a 24 h.	---	---	---	---
3			De 9 a 15 h.	De 16 a 22 h.	---	---
4			De 8 a 9 h. De 15 a 24 h.	De 8 a 16 h. De 22 a 24 h.	---	---
5			---	---	De 8 a 24 h.	---
6	De 0 a 8	De 0 a 8	De 0 a 8	De 0 a 8	De 0 a 8	De 0 a 24

Zona 4: Ceuta y Melilla:

Período tarifario	Tipo de día					
	Tipo A	Tipo A1	Tipo B	Tipo B1	Tipo C	Tipo D
1	De 12 a 15 h. De 20 a 23h	De 11a 19 h.	---	---	---	---
2	De 8 a 12 h. De 15 a 20h. De 23 a 24 h.	De 8 a 11 h. De 19 a 24 h.	---	---	---	---
3			De 9 a 15 h.	De 17 a 23 h.	---	---
4			De 8 a 9 h. De 15 a 24 h.	De 8 a 17 h. De 23 a 24 h.	---	---
5			---	---	De 8 a 24 h.	---
6	De 0 a 8	De 0 a 8	De 0 a 8	De 0 a 8	De 0 a 8	De 0 a 24



Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

Si se desarrolla estas tablas para una zona en la que se encuentre la fabrica se obtiene la distribución horaria del precio de la electricidad que posteriormente junto con las mediciones eléctricas se puede obtener las curva de coste cuartohorario a partir de las curvas de consumo cuartohorario medidos.

Ejemplo de distribución horaria de los 6 periodos en la zona 1 en los distintos meses

Mes		Ene	Feb	Mar	Abr	May	1ºJun	2ºJun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Hora		A	A	B1	C	C	B	A1	A1	D	B	C	B1	A
6:00	7:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
7:00	8:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
8:00	9:00	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2
9:00	10:00	P2	P2	P4	P5	P5	P3	P2	P2	P6	P3	P5	P4	P2
10:00	11:00	P1	P1	P4	P5	P5	P3	P2	P2	P6	P3	P5	P4	P1
11:00	12:00	P1	P1	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P1
12:00	13:00	P1	P1	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P1
13:00	14:00	P2	P2	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P2
14:00	15:00	P2	P2	P4	P5	P5	P3	P1	P1	P6	P3	P5	P4	P2
15:00	16:00	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P4	P2
16:00	17:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P3	P2
17:00	18:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P3	P2
18:00	19:00	P1	P1	P3	P5	P5	P4	P1	P1	P6	P4	P5	P3	P1
19:00	20:00	P1	P1	P3	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P1
20:00	21:00	P1	P1	P3	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P1
21:00	22:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P3	P2
22:00	23:00	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2
23:00	0:00	P2	P2	P4	P5	P5	P4	P2	P2	P6	P4	P5	P4	P2
0:00	1:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
1:00	2:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
2:00	3:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
3:00	4:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
4:00	5:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
5:00	6:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6

Componentes de la facturación

Las tarifas de acceso se componen de un término de facturación de potencia y un término de facturación de energía y, en su caso, un término por la facturación de la energía reactiva que se determinarán tal como se expresa a continuación:

1. Termino de potencia

El término de facturación de potencia será el sumatorio resultante de multiplicar la potencia a facturar en cada período tarifario por el término de potencia correspondiente

$$FP := \sum_{i=1}^n (Tp_i \cdot Pf_i)$$

Pf_i = potencia a facturar en el período tarifario i [kW]

Tp_i = precio anual del término de potencia del período tarifario i .

Se factura la doceava parte del resultado de aplicar la formula

La determinación de la potencia a facturar se realizará en función de las potencias contratadas en cada período tarifario y, en su caso, dependiendo de cada tarifa, las potencias realmente demandadas en el mismo durante el período de facturación considerado, de acuerdo con lo siguiente:

- **Tarifas 3.0A y 3.1A:**

- | | | |
|---|--|-----------|
| ○ $Pf_i = P_{\max,i}$ | Si $P_{\max,i} \in [0.85 P_{Ci}, 1.05 P_{Ci}]$ | |
| ○ $Pf_i = P_{\max,i} + 2(P_{\max,i} - 1.05 P_{Ci})$ | Si $P_{\max,i} > 1.05 P_{Ci}$ | |
| ○ $Pf_i = 0.85 P_{Ci}$ | Si $P_{\max,i} < 0.85 P_{Ci}$ | $i=1,2,3$ |

Donde:

$P_{\max,i}$ = potencia máxima demandada, registrada en el período i de facturación [kW]

P_{Ci} = Potencia contratada en el período tarifario i [kW]

- **Tarifas 6.x:**

- $Pf_i = P_{ci}$: La potencia a facturar en cada período tarifario será la contratada.

En el caso de que la potencia demandada sobrepase en cualquier período horario la potencia contratada en el mismo, se procederá, además, a la facturación de todos y cada uno de los excesos registrados en cada período, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$F_{EP} := \sum_{i=1}^6 \left(K_i \cdot 234 \cdot A_{ei} \right)$$

K_i = coeficiente que tomará los siguientes valores dependiendo del período i:

Período	1	2	3	4	5	6
K_i	1	0,5	0,37	0,37	0,37	0,17

A_{ei} = se calculará de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$A_{ei} := \sqrt{\sum_{j=1}^n \left(P_{dj} - P_{ci} \right)^2}$$

Donde:

P_{dj} = potencia demandada en cada uno de los cuartos de hora del período i en que se haya sobrepasado P_{ci} . [kW]

P_{ci} = potencia contratada en el período i en el período considerado. [kW]



2. Termino de energía activa

El término de facturación de energía activa será el sumatorio resultante de multiplicar la energía consumida y medida por contador en cada período tarifario por el precio término de energía correspondiente.

$$FE := \sum_{i=1}^n (E_i \cdot Te_i)$$

Donde:

E_i = energía consumida en el período tarifario i [kWh]

Te_i = precio del término de energía del período tarifario i.

El término de facturación de energía activa se facturará mensualmente, incluyendo la energía consumida en el mes correspondiente a cada período tarifario i.

3. Termino de energía reactiva

Este término se aplicará sobre todos los períodos tarifarios, excepto en el período 3, para las tarifas 3.0A y 3.1A, y en el período 6, para las tarifas 6, siempre que el consumo de energía reactiva exceda el 33 por 100 del consumo de activa durante el período de facturación considerado ($\cos \phi. < 0,95$) y únicamente afectará a dichos excesos.



Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

Las Tarifas Eléctricas Vigentes a partir de 1 de enero de 2009 vienen recogidas en la **Orden ITC/3801/2008, de 26 de diciembre** y establecen los Precios de los términos de potencia y términos de energía, activa y reactiva, de las tarifas de acceso definidas en el **Real Decreto 1164/2001, de 26 de diciembre**, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica

Tarifa 3.0A:	Período tarifario 1	Período tarifario 2	Período tarifario 3
Tp: €/kW y año	21,240000	21,240000	21,240000
Te: €/kWh	0,046370	0,032431	0,012592

Tarifa 3.1A:	Período tarifario 1	Período tarifario 2	Período tarifario 3
Tp: €/kW y año	15,090975	9,306199	2,134018
Te: €/kWh	0,025591	0,022769	0,015201

Términos de potencia €/KW y año						
Tarifa	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
6.1	10,092239	5,050488	3,696118	3,696118	3,696118	1,686408
6.2	8,691805	4,349664	3,183232	3,183232	3,183232	1,452396
6.3	8,162049	4,084557	2,989218	2,989218	2,989218	1,363874
6.4	7,581139	3,793852	2,776470	2,776470	2,776470	1,266805
6.5	7,581139	3,793852	2,776470	2,776470	2,776470	1,266805

Términos de energía €/KWh						
Tarifa	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
6.1	0,035714	0,029635	0,016988	0,009645	0,006229	0,004290
6.2	0,011914	0,009886	0,005668	0,003217	0,002078	0,001431
6.3	0,009613	0,007977	0,004572	0,002595	0,001676	0,001155
6.4	0,007544	0,006258	0,003588	0,002037	0,001315	0,000906
6.5	0,007544	0,006258	0,003588	0,002037	0,001315	0,000906

Término de facturación de energía reactiva	
Cos ϕ	Euro/kVarh
Cos ϕ < 0,95 y hasta cos ϕ = 0,90	0,000013
Cos ϕ < 0,90 y hasta cos ϕ = 0,85	0,013091
Cos ϕ < 0,85 y hasta cos ϕ = 0,80	0,026182
Cos ϕ < 0,80	0,039274



5.3.1.1.2 Suministro eléctrico de la fábrica

Se analiza el suministro eléctrico de la fábrica

Se determinando las condiciones actuales de contratación:

- Empresa comercializadora
- Tipo de tarifa
- Potencias Contratadas en los distintos periodos
- El termino de potencia facturado
 - la potencia facturada (para tarifas 3.0A y 3.1ª)
 - El exceso de potencia (para tarifas 6.x)
- La energía reactiva

Una vez determinadas las condiciones actuales, a partir del las curvas cuartohorarias del contador, las facturas y las mediciones eléctricas realizadas, se estudian las distintas posibilidades que optimicen las condiciones de contratación, mediante:

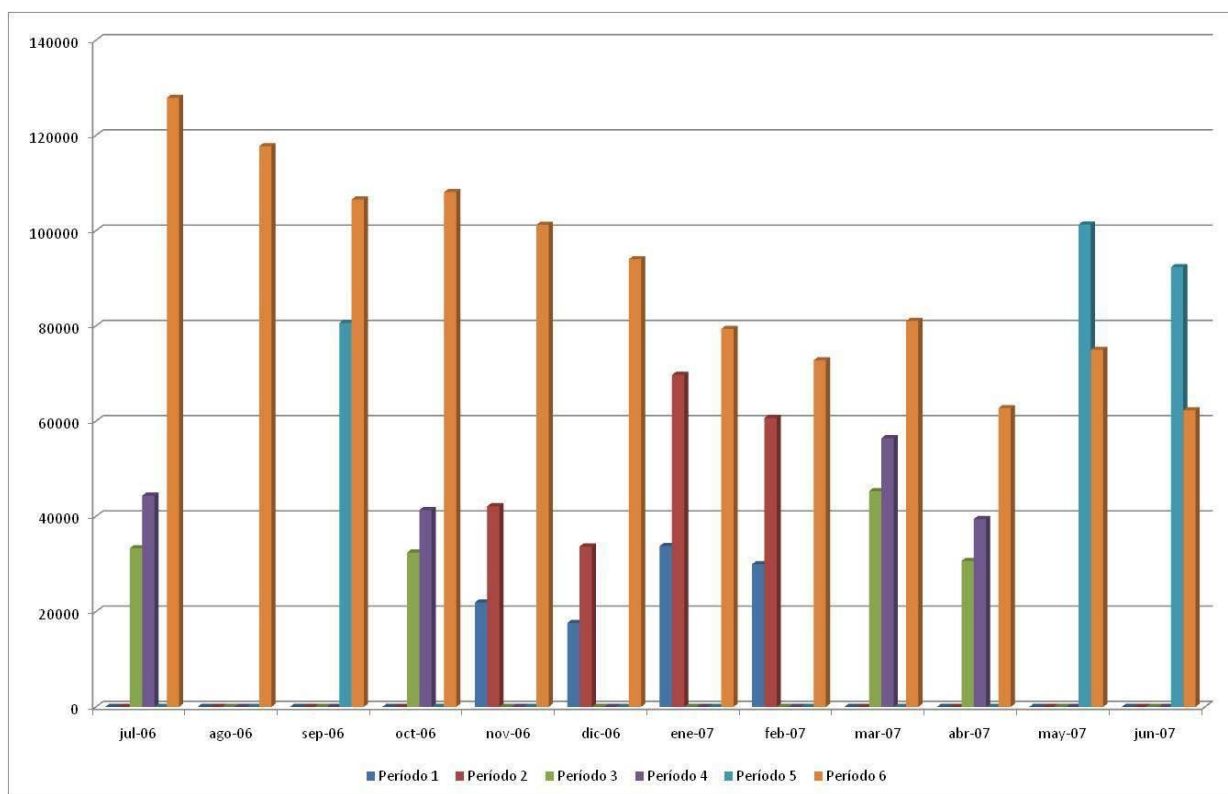
- **Elección de la tensión adecuada:** En suministros de cierto tamaño, en general por encima de los 50kW contratados, y en función de las condiciones técnicas establecidas por la empresa distribuidora, puede concertarse el suministro en Baja o alta tensión. En estos casos habrá que valorar, en función del volumen de consumo previsto, la conveniencia de una u otra tensión. El término de energía de las tarifas en A.T. es más barato que en B.T. Y por el contrario hay que hacer la inversión en una estación transformadora y tener en cuenta los gastos de su mantenimiento anual.
- **Elección de la tarifa:** Básicamente en función del nivel de utilización del suministro
- **Elección de potencia:** En función de los receptores instalados y el uso simultáneo de los mismos que se prevea. Es importante ajustar la potencia contratada a las necesidades reales, la contratación de potencia inferior a la real implica:

- Posible desconexión del suministro en caso de control por I.C.P
- Aplicación de recargos importantes en caso de control por maxímetro.

La contratación de una potencia excesiva implicaría el pago por una parte de potencia que no se utiliza.

- **Compensación de reactiva:** El consumo de reactiva depende básicamente del número de inductancias existentes en la instalación (motores). En la propia factura viene detallado el % de recargo / descuento por este concepto y su importe.

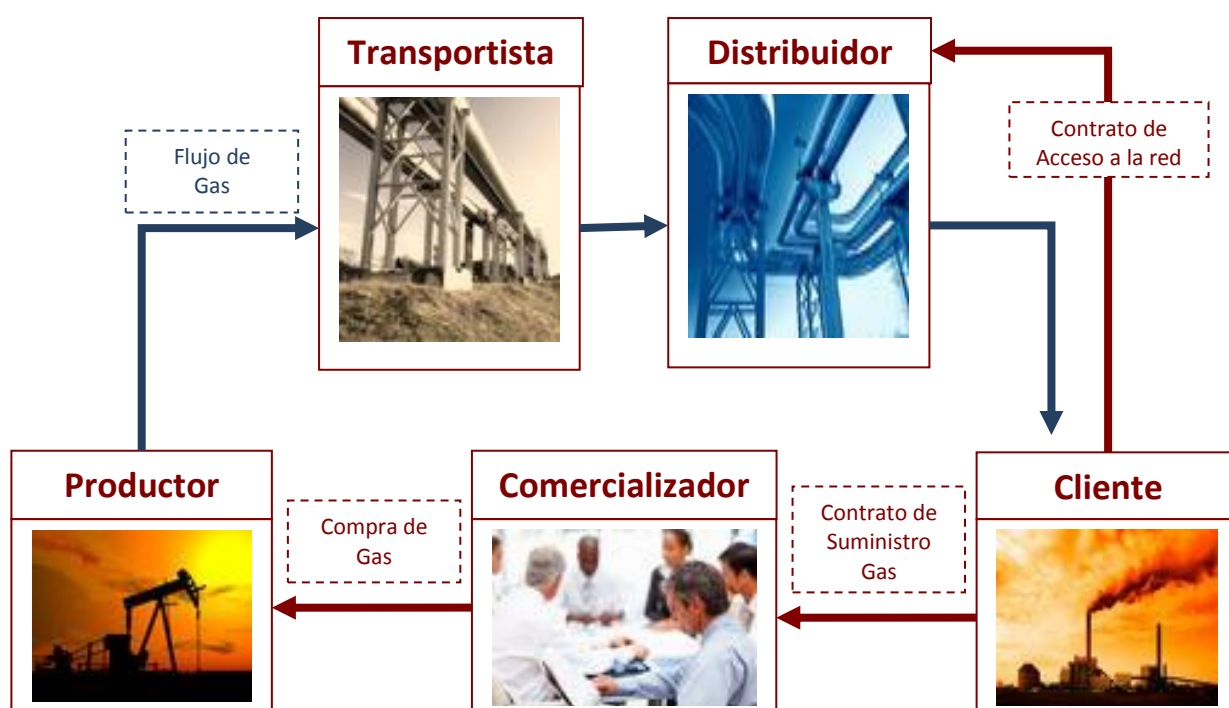
Grafica ejemplo consumo mensual por períodos P1 a P6



5.3.1.2 Gas Natural

Se analizan las facturas de la contratación y las lecturas de los contadores de la fábrica para conocer las condiciones actuales y poder optimizarlas, para ello, es necesario conocer la legislación actual del mercado liberalizado de gas, ya que al igual que ocurre con el suministro de electricidad, el suministro de gas natural para el sector industrial (consumo > 50000 kWh/año) está liberalizado.

Esquema Mercado de gas liberalizado



La legislación actual que regula el sector de gas viene recogida en el apartado de legislación de este documento (*Ver sector gasista de LEGISLACIÓN*)

Para el Suministro a través de Comercializadora el cliente cualificado suscribe un contrato de suministro con una empresa Comercializadora, a un precio libre y en competencia. La empresa comercializadora, a su vez, suscribe los contratos de compra de gas en los mercados internacionales y el contrato de acceso con el transportista y distribuidor.



Actualmente el precio del gas en el mercado liberalizado tiene dos componentes:

- Peajes de transporte y distribución: compuesto de un término fijo y otro variable
- Energía: precio libre que se negocia con las distintas comercializadoras

5.3.1.2.1 Peajes de transporte y distribución

El peaje de transporte y distribución se compondrá de dos términos: un término de reserva de capacidad, y un término de conducción, éste último se diferenciará en función de la presión de diseño, a la que se conecten las instalaciones del consumidor.

$$PTD = Trc + Tc$$

Donde:

PTD: Peaje de transporte y distribución.

Trc: Término de reserva de capacidad.

Tc: Término de conducción.

Término de reserva de capacidad Trc

Para cada usuario del sistema de transporte y distribución, el término mensual de reserva de capacidad Trc se calculará de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Trc = Tfe * Qe$$

Tfe: Término fijo de reserva de capacidad Trc: 0,7936 cent/(kWh/día)/mes

Qe : caudal diario de gas natural a facturar en kWh/día.



Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

El caudal diario a facturar será:

- si el caudal diario máximo nominado en el mes por el usuario (Q_{nt}) se encuentra entre el 85 y el 105 por 100 del caudal máximo contratado por el mismo con el transportista titular de las instalaciones de entrada al sistema, el caudal diario a facturar (Q_e) es

$$Q_e = Q_{nt}$$

- si el caudal diario máximo nominado en el mes por el usuario es inferior al 85 por 100 del caudal máximo contratado por el mismo (Q_c):

$$Q_e = 0,85 * Q_c$$

- si el caudal máximo diario nominado por el usuario es superior o igual al 105 por 100 del caudal máximo diario contratado por dicho usuario, salvo denegación expresa del gestor técnico del sistema:

$$Q_e = Q_{nt} + 2 * (Q_{nt} - 1,05 * Q_c)$$

Término de conducción T_c

Tabla: Términos de conducción del peaje de transporte y distribución firme

Peaje	Consumo $Q(kW/h/año)$	Término fijo T_{fij} cent/kWh/día/mes	Término variable T_{vij} cent/kWh
Peaje 1 ($P > 60 \text{ bar}$)			
1.1	$\leq 200.000.000$	2,5287	0,0619
1.2	$\leq 1.000.000.000$	2,2591	0,0499
1.3	$> 1.000.000.000$	2,0968	0,045
Peaje 2 ($4 \text{ bar} < P \leq 60 \text{ bar}$)			
2.1	≤ 500.000	18,5154	0,1415
2.2	$\leq 5.000.000$	5,0254	0,1129
2.3	$\leq 30.000.000$	3,2904	0,0914
2.4	$\leq 100.000.000$	3,0153	0,082
2.5	$\leq 500.000.000$	2,772	0,0719
2.6	$> 500.000.000$	2,5498	0,0624



5.3.1.2.2 Suministro de gas de la fábrica

Desde el punto de vista del consumidor final las únicas actuaciones que puede realizar:

- optimizar es el caudal máximo contratado con la comercializadora estableciendo de la forma más precisa las necesidades reales de la fábrica
- buscar la comercializadora con mejor precio y condiciones más favorables a las necesidades de gas por parte de la fabrica

5.3.1.3 Otros combustibles

También se deberán analizar el suministro y condiciones de contratación del resto de combustibles y compararlas con las necesidades existentes en la fabrica

Fuelóleo

En el aprovisionamiento de fuelóleo, al estar liberalizado el mercado, las empresas pueden acudir al suministrador que crean más adecuado. Los criterios de selección suelen ser precio, calidad y fiabilidad, generalmente en ese mismo orden.

Gasóleo

El aprovisionamiento de gasóleo, al igual que el fuelóleo, se realiza por cisternas completas. Es decir, se programan entregas del mayor volumen posible para reducir su coste.

5.3.2.1 Situación Actual

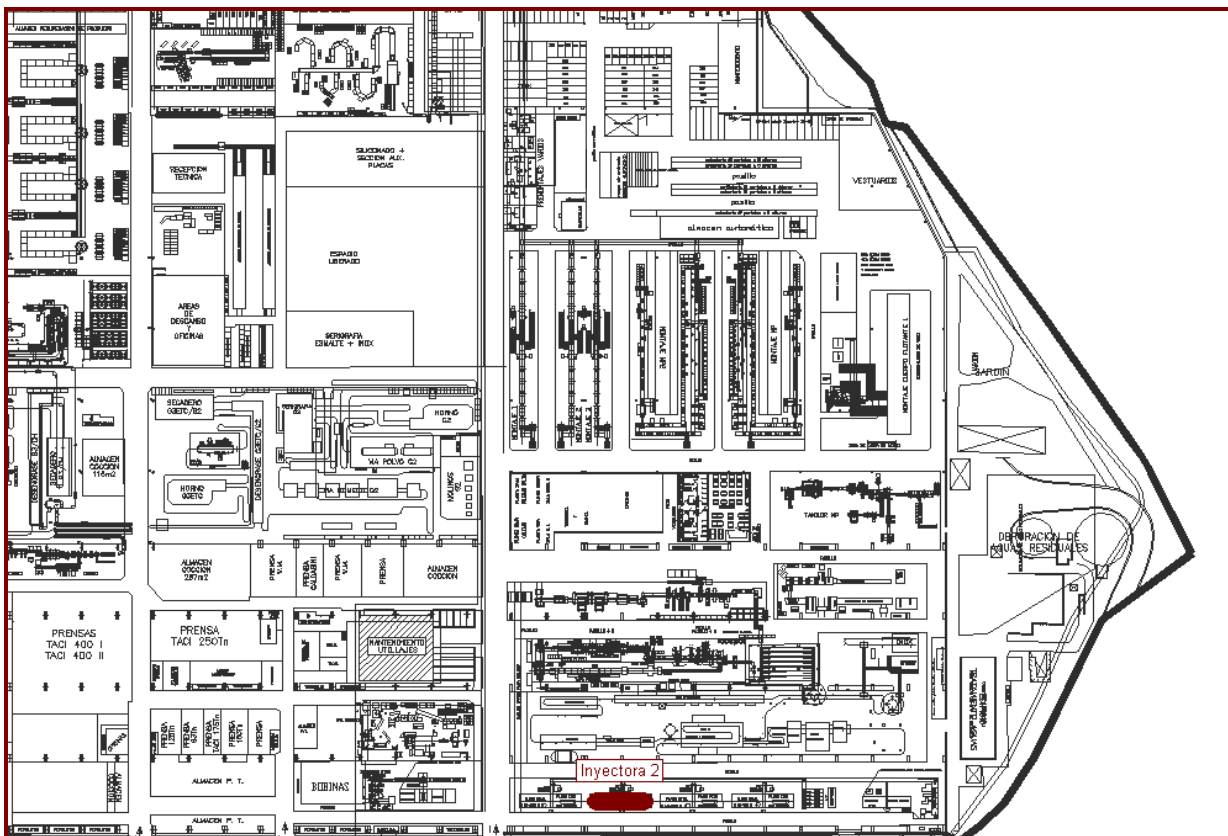
- Representación en un plano o esquemático del proceso identificando subprocesos, grandes consumidores y sistemas térmicos que presenta desde que entra la materia prima y sale el producto elaborado
- Descripción del funcionamiento del proceso global y particular de subprocesos, grandes consumidores y sistemas térmicos especificando parámetros de consigna, horarios de trabajo, mantenimiento, etc.
- Características técnicas y particularidades de los principales equipos

[illegible]

Ejemplo fotografía inyectora 2



Ejemplo plano de localización inyectora 2



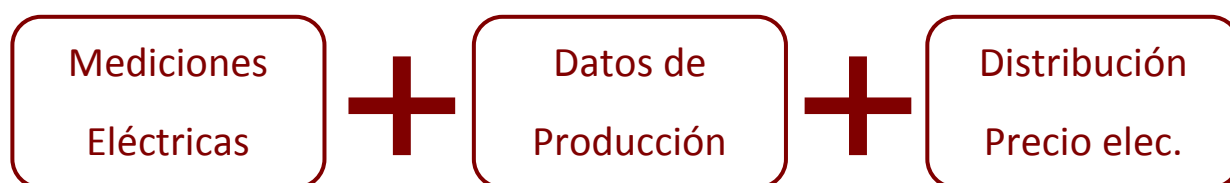


Ejemplo hoja de características inyectora 2

CARACTERISTICA	unidad	valor
Unidad de cierre		
Fuerza de cierre	kN	1.000
Fuerza para abrir el molde	kN	700
Fuerza de traslación de la placa sujeción móvil		
abrir	kN	127
cerrar	kN	100
Tamaño de placa suj. (h x v)	mm	1930x1650
Diámetro int.entre columnas (h x v)	mm	1400x1120
Recorrido máximo para abrir molde	mm	1200
Altura mion/max para instalar molde	mm	700-1200
Anchura máxima para abrir	mm	2400
Expulsor hidr.-carrera	mm	250
Fuerza.- Avance / retroceso	kN	230/88
Equipo electrohidráulico		
Capacidad nominal motor de bomba	kW	160
Capacidad instalada calentamiento	kW	91
zonas regulad.para calef. cilindro	piez.	7
ciclos de la marcha en seco	aprox.1/h	600
relleno de aceite	aprox.ltr	2765
Unidad de inyección		
potencia(Vmáx carr x Pmáx iny)/1000	cm3 x bar	14700
Diámetro del husillo	mm	130
Presión de inyección	bar	1931
Volumen máx de carrera	cm3	7590
Peso máx de pieza moldeada (PS)	gr.	6831
Caudal de inyección	cm3/s	1353
Potencia motriz husillo	kW	143
nº de revol. Del husillo – conmutable		
grado I del par de giro	r.p.m.	10-120
grado II del par de giro	r.p.m.	10-80
Caudal plastific.para ND-PE std		
con el nº máx.de rev. del husillo	gr/seg	180
Fuerza de apriete de la boquilla	kN	246
Medidas y pesos		
peso net.con armario de distribución	aprox.t	84
medidas para colocac.(l x an x al)	mm	1400x3200x2965
Potencia conectada		
Tensión de línea 400 V, 50 Hz, 3 fases con hilo neutro; tensión de mando 230 V, 50 Hz, 1 fase; tensión de calentamiento 400 V, 50 Hz, 3 fases con hilo neutro		

5.3.2.2 Análisis eléctrico

El **perfil de consumo** obtenido en las mediciones realizadas, en los elementos del sistema productivo, como, subprocesos, grandes consumidores y sistemas térmicos (hornos y secadoras), con los analizadores de red, combinado con los **datos de producción** correspondiente y la **distribución del precio de la electricidad** en el tiempo obtenido a partir facturas eléctricas, podemos obtener:

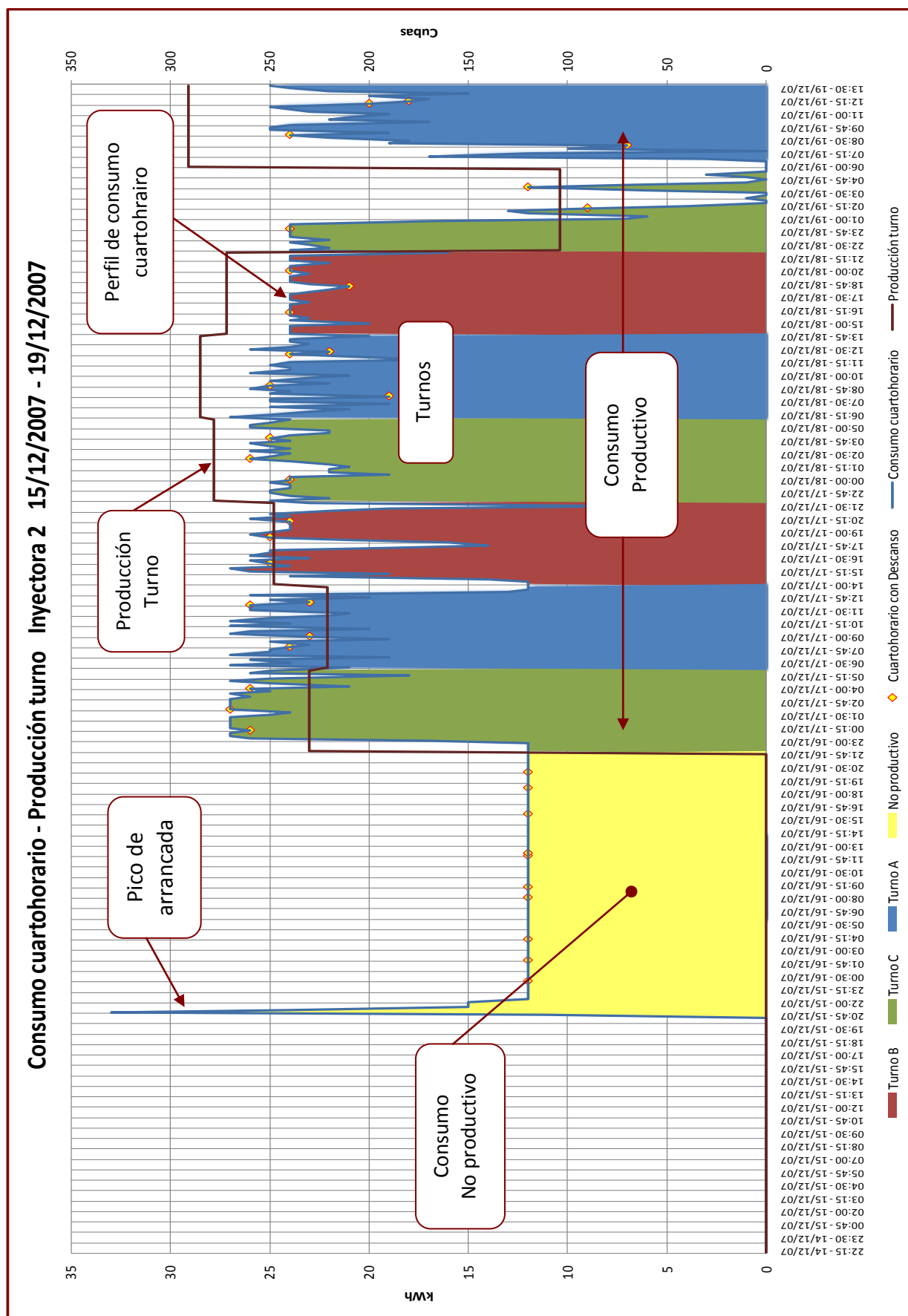


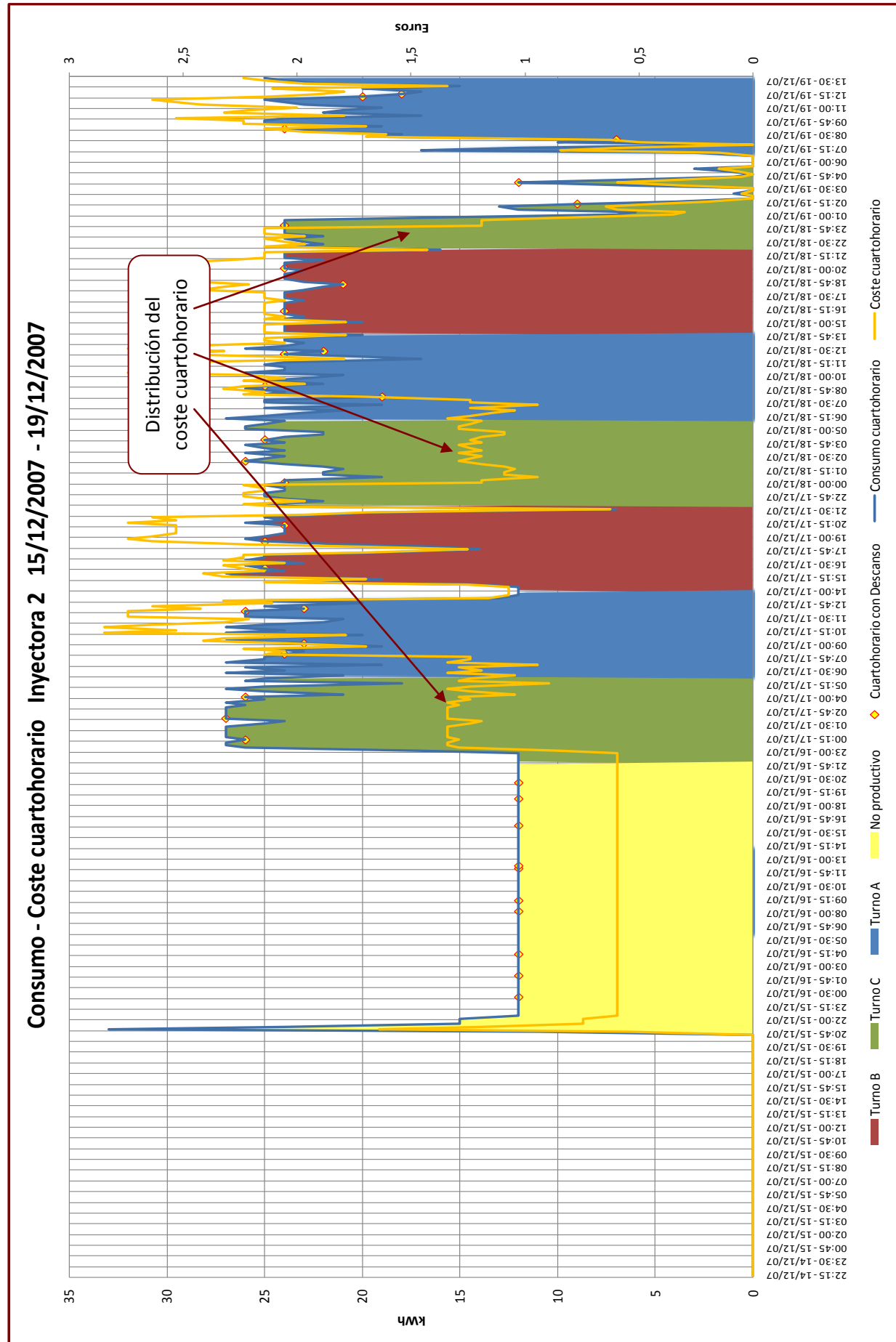
- Evolución temporal del consumo y coste de la electricidad.
- Diferencias de consumo y coste entre distintos periodos.
- Consumo específico y coste específico: Consumo y coste por unidad producida, materia prima consumida, etc. y su variación en el tiempo.
- Consumo y coste durante el funcionamiento productivo.
- Consumo y coste en periodos no productivo, en los días festivos, en descansos, mantenimiento y revisiones.
- Consumo y coste en el Picos de arrancada.

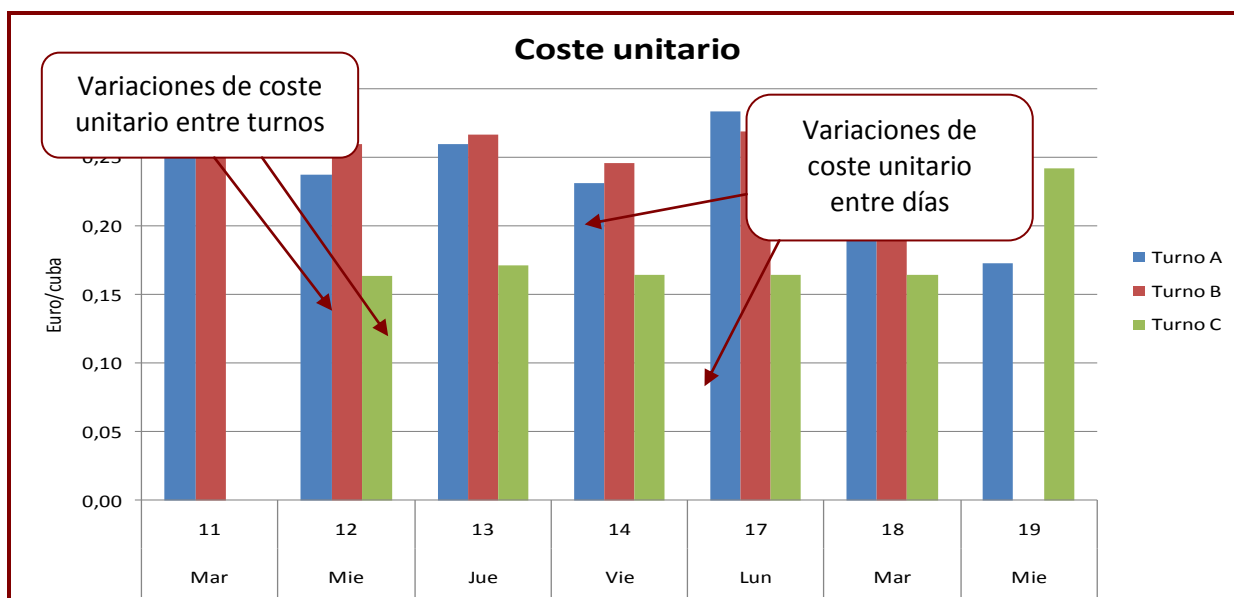
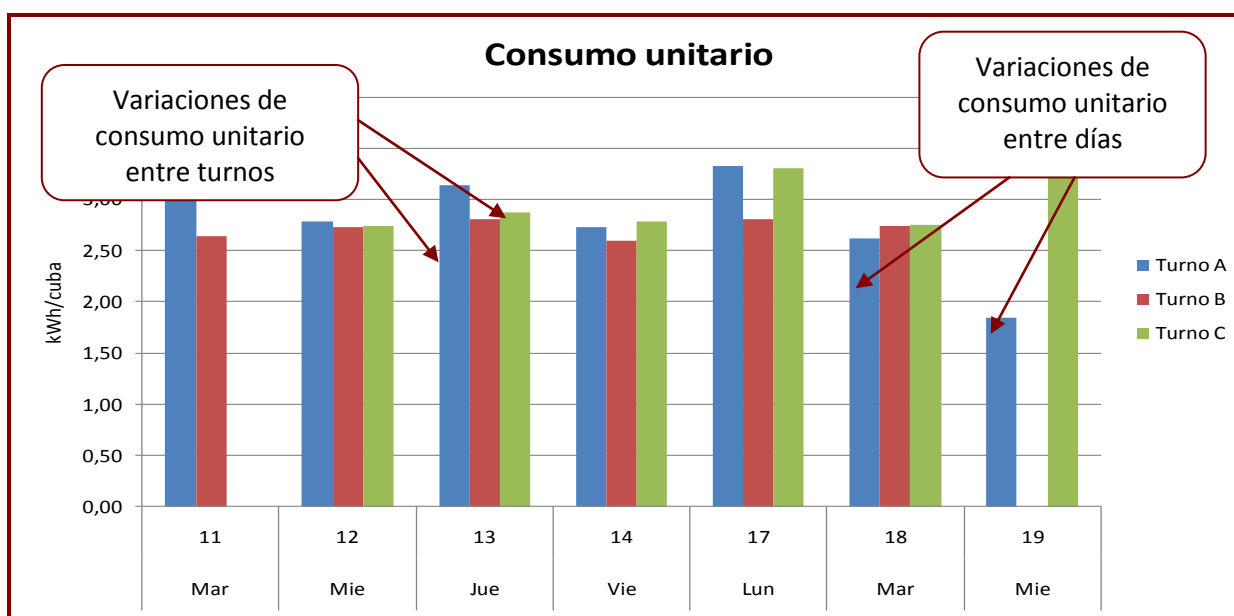
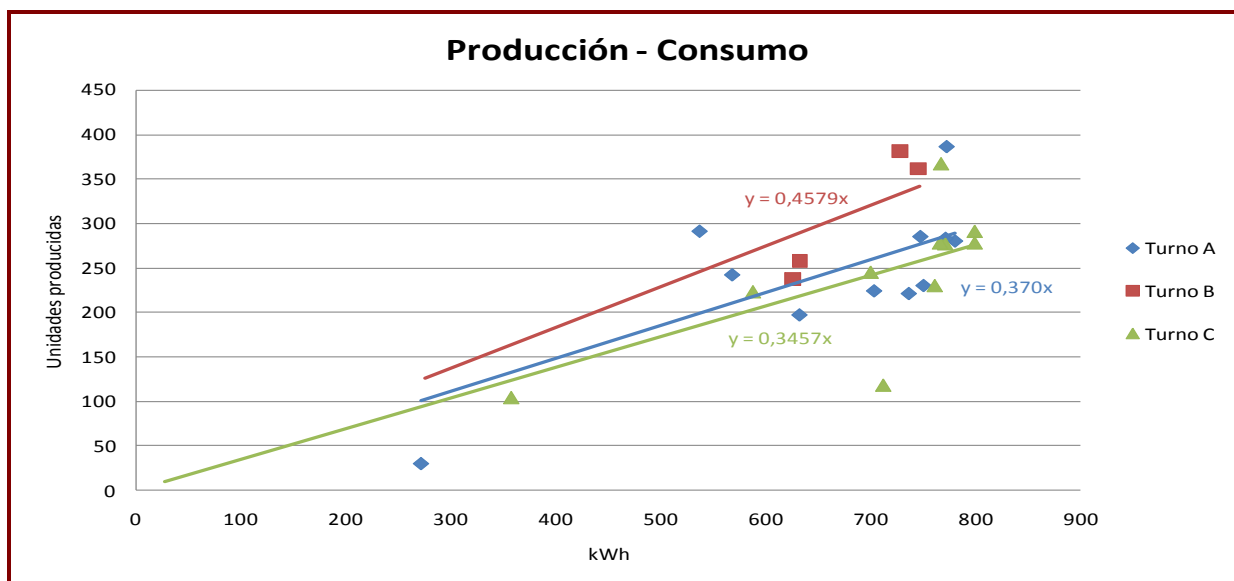
Del análisis de esta información podemos determinar el correcto consumo que debería tener así como las diferencias con el observado, las causas, y las mejoras necesarias para lograrlo. También tenemos información del consumo no productivo, generado por distintas causas muchas de ellos evitables.

A continuación como ejemplo mostramos el análisis del Consumo – Producción correspondiente a la inyectora 2 de las seis inyectoras del proceso de inyección en la fabricación de cubetas

Ejemplo: Graficas consumos cuartohorarios









Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

Producción	dic-07								
	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie
	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	230	280	224	283	0	0	221	285	291
B	237	278	268	221	0	0	248	272	285
C	290	291	278	277	0	0	230	278	104
Total Realizadas	757	849	770	781	0	0	699	835	680

Consumo kWh	dic-07								
	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie
	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	750	780	703	771	0	384	736	747	537
B	625	760	752	574	98	384	696	744	-
C	-	799	799	771	0	387	761	766	358
Total	-	2339	2254	2116	98	1155	2193	2257	-

Consumo unitario	dic-07								
	Mar	º	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie
	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	3,26	2,79	3,14	2,72	-	-	3,33	2,62	1,85
B	2,64	2,73	2,81	2,60	-	-	2,81	2,74	-
C	-	2,75	2,87	2,78	-	-	3,31	2,76	3,44

Coste €	dic-07								
	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie
	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	64,30	66,48	58,28	65,62	0,00	19,07	62,74	63,64	50,32
B	59,33	72,19	71,58	54,39	4,87	19,07	66,73	70,93	-
C	-	47,77	47,69	45,54	0,00	19,21	37,78	45,73	25,20
Total	-	186,44	177,55	165,56	4,87	57,35	167,26	180,30	-

Coste unitario	dic-07								
	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie
	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	0,28	0,24	0,26	0,23	-	-	0,28	0,22	0,17
B	0,25	0,26	0,27	0,25	-	-	0,27	0,26	-
C	-	0,16	0,17	0,16	-	-	0,16	0,16	0,24

Como vemos en el ejemplo podemos localizar fácilmente cual ha sido el turno con el mínimo y el máximo consumo unitario e investigar cuales son los motivos de esta diferencia, en este caso concreto el motivo era la falta de coordinación entre este proceso y el siguiente por lo cual la inyectora estaba en funcionamiento sin producir, la solución de esta descoordinación supuso un ahorro de 5000 euros/año por inyectora

5.3.2.3 Análisis térmico

En este apartado se analiza la eficiencia térmica de los elementos que generen o consuman calor/frío en el sistema productivo

- Equipos con resistencias o quemadores
Ejemplos: Inyectoras, embaladoras, etc.
- Consumidores de Calor o frío industrial:
 - Calor: Vapor, Agua sobrecalentada
Ejemplos: cabinas de desengrase, equipos de pasteurización, etc.
 - Frío: Agua de refrigeración
Ejemplos: refrigeración de moldes de inyectora, cámaras frigoríficas, etc.
- Sistemas térmicos
Ejemplos: hornos, secadores, grupos de frío (cámara de frío), etc.

Lo que se intenta es determinar los flujos de calor que existen, determinando el calor aportado o extraído (refrigeración), cuales son las necesidades de calor y/o frío reales, cuales son las pérdidas evitables e inevitables y los flujos residuales que existan por los motivos que sean (ventilación, evacuación de gases, retorno de condensados, etc.) y el posible uso que se pueda hacer de los mismos. Por último se realiza un diagrama de sankey de la instalación

También se cuantifican los siguientes parámetros energéticos:

- Rendimiento térmico
- Consumo específico (energía consumida por unidad de producto)
- Coste específico de la producción (coste por unidad de producto)

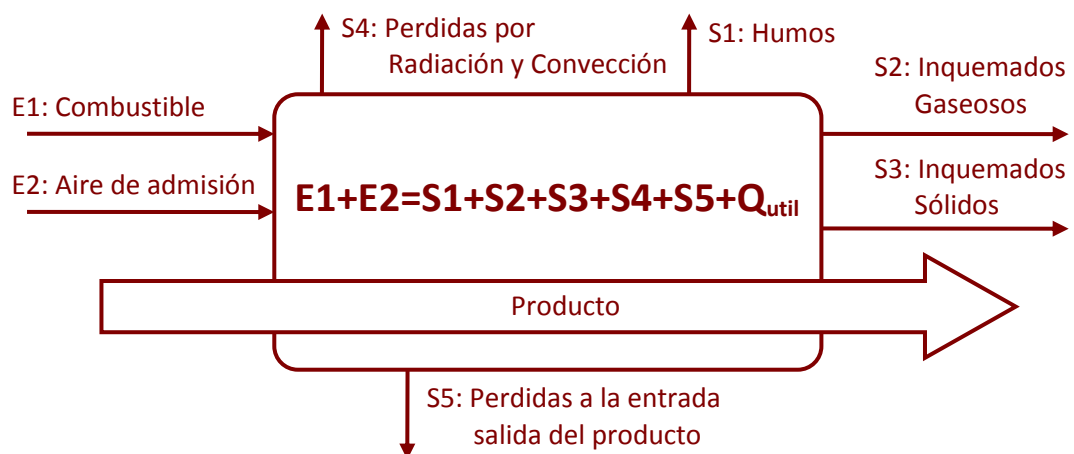
Que nos servirán para estudiar las posibles repercusiones en la hora de hacer una mejora energética

5.3.2.3.1 Elementos del sistema productivo con necesidades de calor

Balance de Energía

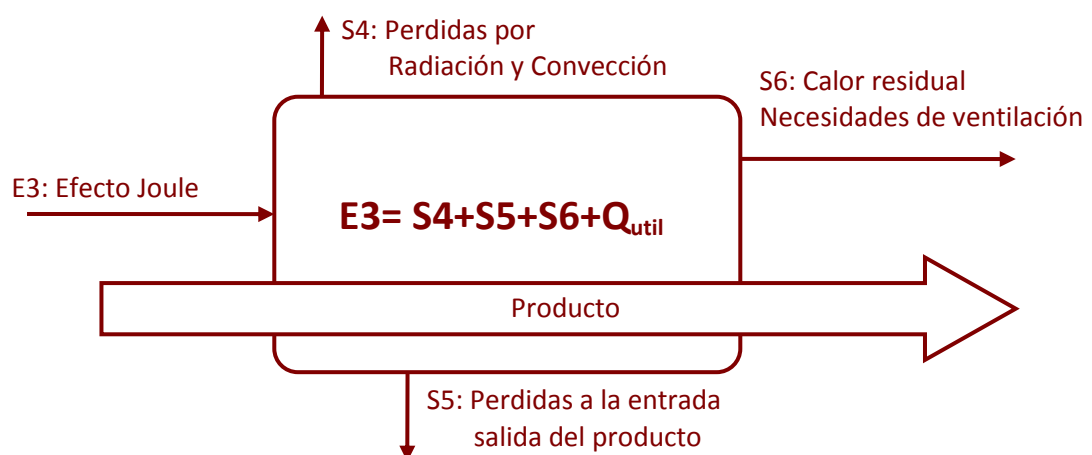
Debido a la gran cantidad y variedad de sistemas que pueden existir que presenten necesidades de calor, se estable un método lo mas generalista posible que se pueda adaptar posteriormente a cualquier elemento que nos podamos encontrar

a) Calor aportado por combustión



Ejemplos: hornos, secadores, etc.

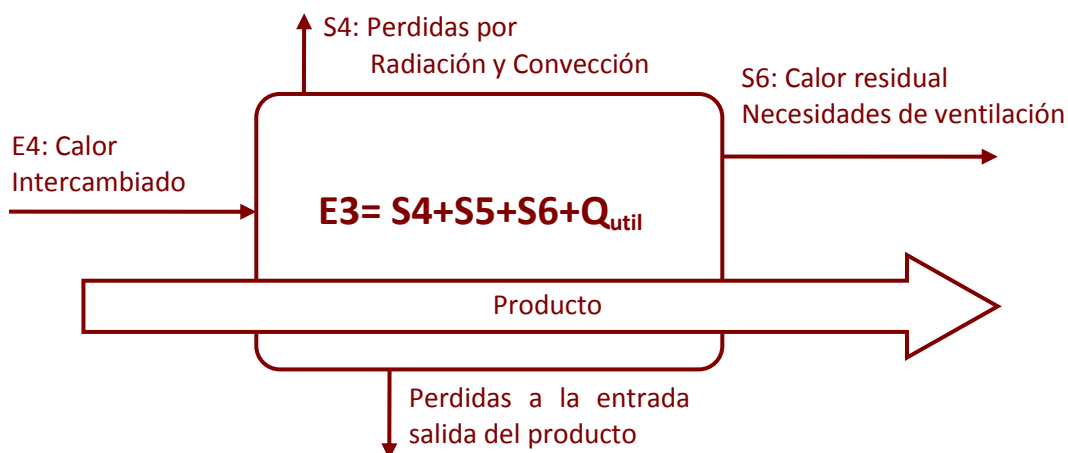
b) Calor aportado por resistencia eléctrica



Ejemplos: hornos eléctricos, Inyectoras (calentadores de material polimérico), etc.



c) Calor aportado por la red de transporte de agua sobrecalentada, vapor, etc.



Ejemplos: Cabinas de desengrase, pasteurizadores, etc.

Calores entrantes

E1: Calor del combustible

Lo cuantificamos a partir de las lecturas de consumo de combustible y con los datos de densidad y PCS de las facturas o de la *tabla valores medios de PCI y PCS de los principales combustibles del APENDICE I* *Calculo de la potencia térmica del combustible*

Liquido

$$E_{\text{comb}} := Q \cdot \rho \cdot \text{PCI}$$

[AI 1]

E_{comb} = Calor del combustible (kW)

Q = caudal de combustible (m³/s)

ρ = densidad del combustible (kg/m³)

PCI = poder calorífico inferior (kJ/ kg)

Gaseoso

$$E_{\text{comb}} := Q \cdot \text{PCI}$$

[AI 2]

E_{comb} = Calor del combustible (kW)

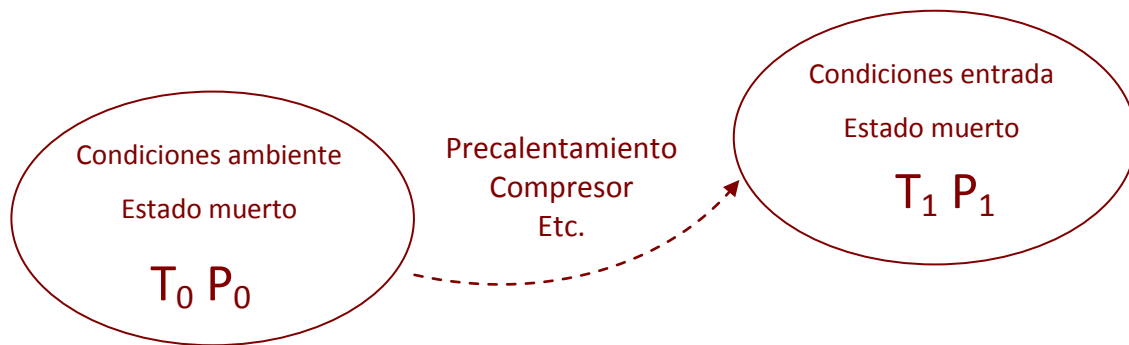
Q = caudal de combustible (Nm³/s)

PCI= poder calorífico superior (kJ/Nm³)

Ver Apéndice I potencia térmica del combustible

E2: Calor del aire de admisión

El aire que entra en el sistema para alimentar a la combustión puede aportar energía si se encuentra en condiciones de t y p por encima de las condiciones ambiente (estado muerto) debido a un sobrecalentamiento o tras pasar por un compresor



Calculamos este calor determinando cuanto calor debería ceder para volver al estado muerto de la siguiente forma:

$$E_{adm} := \dot{m}_{aire} \cdot (h_{a1} - h_{a0})$$

E_{comb} = Calor del aire de admisión (kW)

\dot{m}_{aire} = flujo másico de aire (kg/s)

h_{a1} = entalpia de aire en las condiciones de entrada [kJ/kg]

h_{a0} = entalpia de aire en condiciones ambiente [kJ/kg]

los valores de la entalpia del aire se pueden obtener de la grafica de propiedades térmicas del apartado *AI.6 graficas del AENDICE I*

También es posible su simulación con programas informáticos como el cyclepad o mediante la utilización de programas informáticos con bases de datos de propiedades termodinámicas

E3: Calor de una resistencia eléctrica

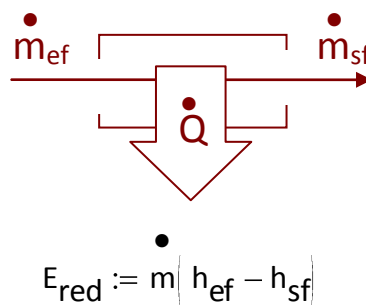
El calor se genera al circular I [A] un corriente por un conductor de resistencia R [ohmios] por efecto Efecto Joule; parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor debido a los choques que sufren con los átomos del material conductor por el que circulan, elevando la temperatura del mismo.

La potencia viene determinada generalmente en la hoja de características aunque se puede determinar a partir de las mediciones eléctricas. La potencia disipada por efecto Joule será:

$$P_{\text{disp}} := R \cdot I^2 = V \cdot I \quad [\text{W}]$$

E4: Calor cedido por la red de transporte

El calor cedido por la red transporte un sistema se cuantifica a partir de su temperatura, presión y caudal a la entrada y salida mediante formula del balance de energía del fluido que se enfría de un intercambiador de calor (*Ver APENDICE I Repaso de termodinámica*)



E_{red} = Calor cedido de la red de transporte (kW)

\dot{m} = flujo másico del fluido (kg/s)

h_{ef} = entalpia del fluido en la entrada [kJ/kg]

h_{sf} = entalpia del fluido en la salida [kJ/kg]

Generalmente el fluido de transporte es agua, los valores de la entalpia se obtienen a partir de las mediciones de presión y temperatura utilizando las tablas y graficas de propiedades



Calores salientes

S1: Calor sensible de humos

Ver All.3 Cálculo del calor sensible en los humos de la combustión del APENDICE II Combustión

$$Q_{\text{humos}} := Q \cdot \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{100} \cdot C_{pi} \cdot (t_s - t_a)$$

Q_{humos} = calor sensible (kW)

Q = caudal de humos (Nm³/s)

A_i = porcentaje del elemento i en volumen

h_{si} = entalpia del elemento i a la temperatura t_s

C_{pi} = calor específico medio del elemento i (kJ/Nm³ °C)

T_s = temperatura de salida

T_a = temperatura de ambiente

S2: Inquemados Gaseosos

Ver All.2.2 Inquemados gaseosos del APENDICE II Combustión

$$Q_{\text{inq_gas}} := \frac{21}{21 - O_2} \cdot \left(\frac{CO}{3100} + \frac{CH}{1000} \right)$$

$Q_{\text{inq_gas}}$ = calor por inquemados (kW)

O_2 = % de oxígeno en los gases (%)

CO = partes por millón de CO en los gases

CH = partes por millón de hidrocarburos en los gases

S3: Inquemados Sólidos

Ver All.2.1 Inquemados sólidos del APENDICE II Combustión

$$Q_{\text{inq.sold}} := \frac{21}{21 - O_2} \cdot \left(\frac{OP}{65} \right)$$

$Q_{\text{inq.sold}}$ = calor por inquemados (kW)

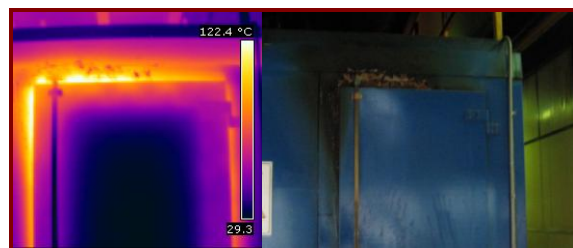
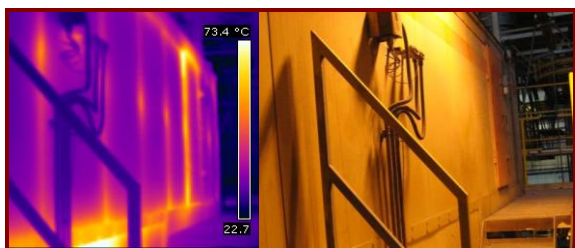
O_2 = % de oxígeno en los gases (%)

OP = % de opacidad (%)

S4: Perdidas por Radiación y Convección

Estas pérdidas se producen cuando, generalmente por un deterioro del material aislante y/o refractario, se establece un Flujo de calor entre la zona donde se necesita el calor y el exterior a través de la superficie mediante mecanismos de convección y radiación

Estas zonas de la envolvente (superficie exterior) se localizan mediante las fotografías termográficas, con lo que se tiene un registro completo de la temperatura de una superficie, para cuantificar estas pérdidas además de las termografías, se toman mediciones de la temperatura ambiente y las mediciones de longitud necesarias para determinar la superficie



Con esta información podemos estimar las perdidas como se desarrolla en el

APENDICE III: Flujo de calor por convección y radiación

$$q := A \cdot h_{\text{conv}} \cdot (\Delta T) + A \cdot h_{\text{rad}} \cdot (\Delta T) = h_{\text{conv_rad}} \cdot (\Delta T)$$

q = calor por convección y radiación [W]

h_{conv} = coeficiente de convección [W/m²K]

h_{rad} = coeficiente de convección equivalente de radiación [W/m²K]

$h_{\text{conv_rad}}$ = coeficiente de convección + radiación [W/m²K]

ΔT = incremento de entre la superficie y el ambiente

S5: Perdidas a la entrada salida del producto

Las entradas y salidas se producen pérdidas de calor a través de los gases que se escapan, esta pérdida se puede producir de forma continua o de forma interrumpida dependiendo del sistema de producción en el que este incluido

Ejemplo puerta de entrada y de salida en un secadero de gas





La cuantificación de este calor se realiza de forma similar al calor perdido por los humos de combustión se toman medidas de la velocidad de los gases para cuantificar su caudal y mediante el analizador de gases se conocer su composición.

$$S_{sal_ent} := Q \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{a_i}{100} \cdot C_{pi} |t_s - t_a| \right)$$

S = calor sensible (kW)

Q = caudal de humos (Nm³/s)

a_i = porcentaje del elemento i en volumen

C_{pi} = calor específico medio del elemento i (kJ/Nm³ °C)

T_s = temperatura de salida

T_a = temperatura de ambiente

S6: Calor residual Necesidades de ventilación

Este calor se extrae del sistema, en muchas ocasiones por necesidades de ventilación, como por ejemplo, la ventilación de los gases de una reacción producida en un horno eléctrico o simplemente para evacuar el calor residual.

$$S_{calor_res} := Q \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{a_i}{100} \cdot C_{pi} |t_s - t_a| \right)$$

S = calor sensible (kW)

Q = caudal de humos (Nm³/s)

a_i = porcentaje del elemento i en volumen

C_{pi} = calor específico medio del elemento i (kJ/Nm³ °C)

T_s = temperatura de salida

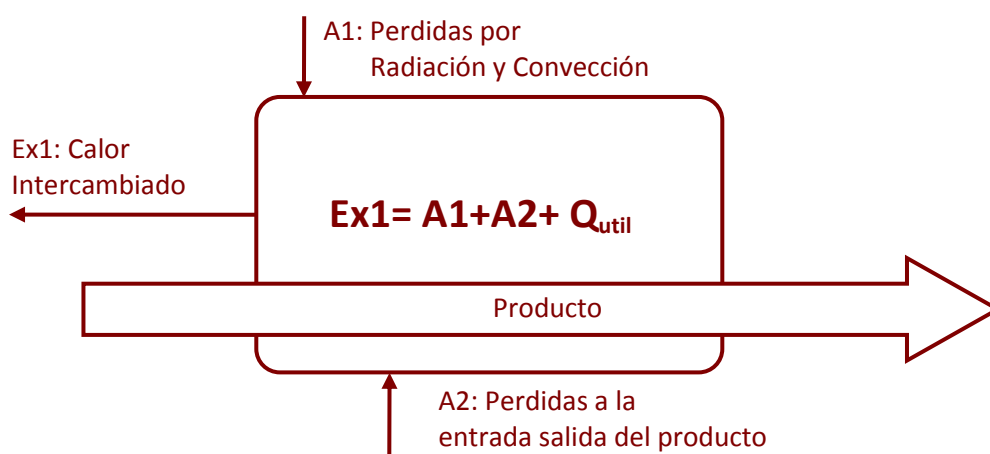
T_a = temperatura de ambiente

5.3.2.3.2 Elementos del sistema productivo con necesidades de frio

Balance de Energía

Debido a la gran cantidad y variedad de sistemas que pueden existir que presenten necesidades de calor, se estable un método lo mas generalista posible que se pueda adaptar posteriormente a cualquier elemento que nos podamos encontrar

a) Calor extraído por la red de transporte de agua refrigerada



Ex1: Calor extraído por la red de transporte

El calor extraído por la red transporte un sistema se cuantifica a partir de su temperatura, presión y caudal a la entrada y salida mediante formula del balance de energía del fluido que se calienta de un intercambiador de calor (Ver APENDICE I Repaso de termodinámica)



$$Ex_{red} := m \left| h_{ec} - h_{sc} \right|$$

Ex_{red} = Calor extraído a la red de transporte (kW)

m = flujo másico del fluido (kg/s)

h_{ec} = entalpia del fluido en la entrada [kJ/kg]

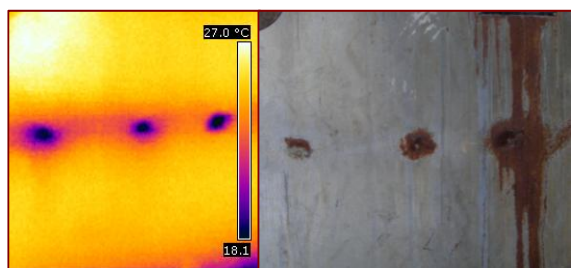
h_{sc} = entalpia del fluido en la salida [kJ/kg]

Generalmente el fluido de transporte es agua, los valores de la entalpia se obtienen a partir de las mediciones de presión y temperatura utilizando las tablas y graficas de propiedades

A1: Perdidas por Radiación y Convección

Al igual que antes estas pérdidas se producen cuando, generalmente por un deterioro del material aislante y/o refractario, se establece un Flujo de calor entre la zona donde se necesita frio y el exterior a través de la superficie mediante mecanismos de convección y radiación

Estas zonas de la envolvente (superficie exterior) se localizan mediante las fotografías termográficas, con lo que se tiene un registro completo de la temperatura de una superficie, para cuantificar estas pérdidas además de las termografias, se toman mediciones de la temperatura ambiente y las mediciones de longitud necesarias para determinar la superficie



Con esta información podemos estimar las perdidas como se desarrolla en el

APENDICE III: Flujo de calor por convección y radiación



$$q := A \cdot h_{\text{conv}} \cdot (\Delta T) + A \cdot h_{\text{rad}} \cdot (\Delta T) = h_{\text{conv_rad}} \cdot (\Delta T)$$

q = calor por convección y radiación [W]

h_{conv} = coeficiente de convección [W/m²K]

h_{rad} = coeficiente de convección equivalente de radiación [W/m²K]

$h_{\text{conv_rad}}$ = coeficiente de convección + radiación [W/m²K]

ΔT = incremento de temperatura entre la superficie y el ambiente

A2: Perdidas a la entrada salida del producto

Las entradas y salidas se producen aportes de calor a través de los gases que entran, esta pérdida se puede producir de forma continua o de forma interrumpida como el caso de las cámaras frigoríficas, dependiendo del sistema de producción en el que este incluido.

$$A_{\text{ent_sal}} := Q \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{a_i}{100} \cdot c_{pi} (t_a - t_i) \right)$$

A = calor sensible (kW)

Q = caudal de humos (Nm³/s)

a_i = porcentaje del elemento i en volumen

c_{pi} = calor específico medio del elemento i (kJ/Nm³ °C)

T_i = temperatura interior

T_a = temperatura de ambiente



5.3.2.4 Particularidades

Debido a la gran diversidad que existen en los sistemas productivos pueden existir maquinas singulares o nuevas tecnologías con particularidades que afecten a su eficiencia energética que también tienen que ser tenidos en cuenta

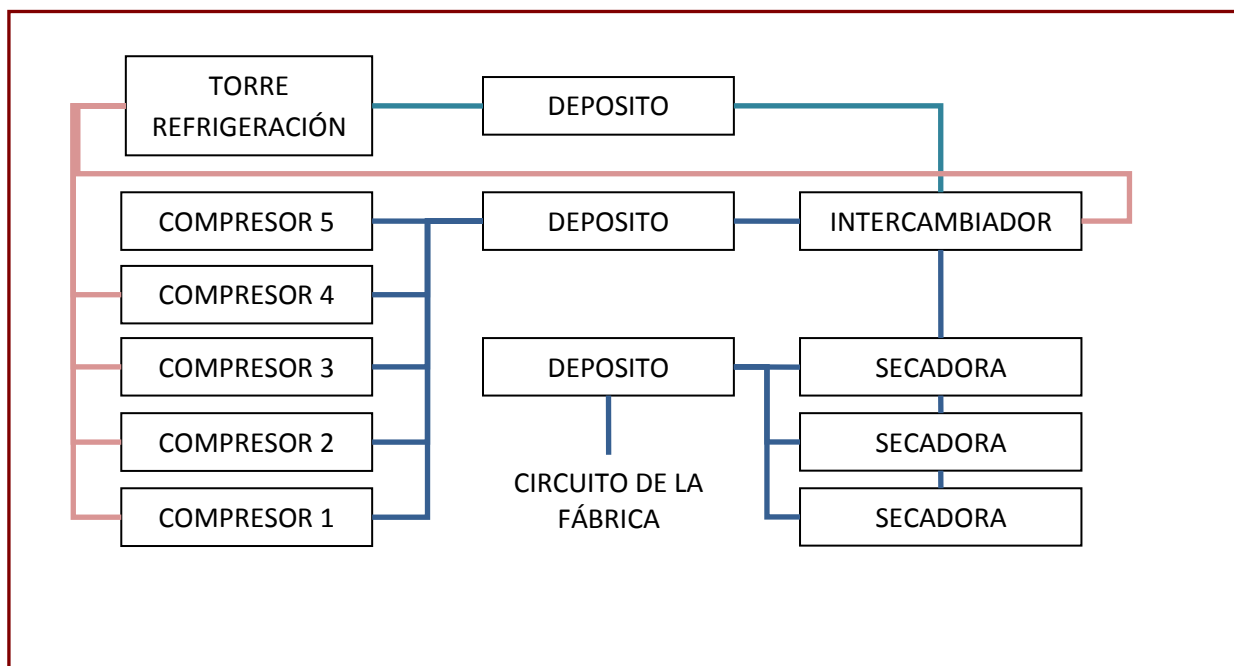
5.3.3 Tecnologías horizontales

5.3.3.1 Situación Actual

Describimos la situación actual de cada tecnología horizontal normalmente mediante la:

- Representación en un plano o esquemáticamente la instalación, la distribución e inventario de los elementos y consumidores del Proceso, etc.
- Descripción de la situación actual estado de las instalaciones, funcionamiento, parámetros consigna, necesidades de La tecnología horizontal por parte del sistema productivo, etc.
- Características técnicas y particularidades de los principales equipos

Ejemplo Esquema de la instalación de aire comprimido





A large, dark grey industrial machine, likely an air compressor, with the 'Atlas Copco' logo on its side. In the foreground, there is a blue Esso oil drum. The machine is situated in a room with a green-painted floor and blue corrugated metal walls.



Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

Ejemplo fotografías panel de control sala de compresores



Ejemplo hoja de características Compresor 5

Atlas copco modelo GA 1408	
Presión de trabajo Max	8 bar
Temperatura ambiente Max	43°C
Temperatura de aire descarga	27°C
Potencia motor	180 hp/ 132 kw
Alimentación eléctrica	400 volt
Consumo eléctrico	250 A
Diametro salida del aire	3"
Equipamiento	
Cabina silenciadora metálica	
Unidad compresora de tornillo rotativo	
Filtro de aspiración de aire de cartucho de papel seco recambiable	
Válvula de aspiración tipo todo o nada	
Válvula de seguridad	
Motor eléctrico 180 hp siemens	
Enfriador de aceite	
Filtro de aceite de cartucho recambiable	
Filtro separador aire-aceite	
Sistema control electro neumático	



5.3.3.2 Análisis eléctrico

Al igual que se hizo con en el sistema productivo estudiamos el perfil de consumo obtenido en las mediciones realizadas en los elementos consumidores de energía eléctrica de las tecnologías horizontales con los analizadores de red, se comparará con las necesidades que existan en la fábrica de la tecnología según el periodo horario, es decir su porcentaje de utilización y la distribución del precio de la electricidad en el tiempo obtenido a partir facturas eléctricas

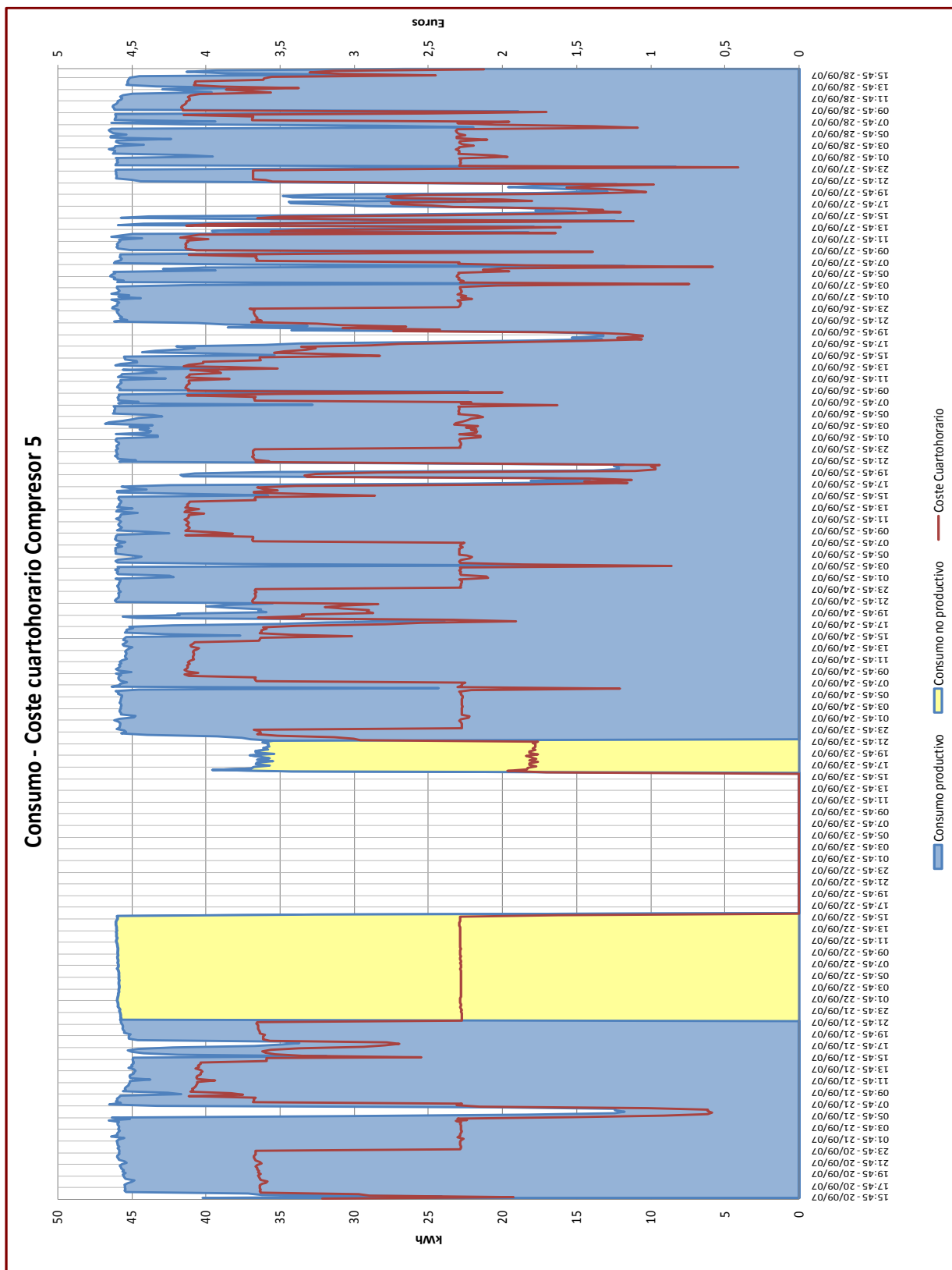
Podemos obtener:

- Evolución temporal del consumo y coste de la electricidad.
- Consumo y coste en diferentes porcentajes de utilización
- Diferencias de consumo y coste entre distintos periodos.
- Consumo y coste durante el funcionamiento productivo.
- Consumo y coste en periodos no productivo, en los días festivos, en descansos, mantenimiento y revisiones.
- Consumo y coste en Picos de arrancada.

Del análisis de esta información podemos determinar el correcto consumo que debería tener así como las diferencias con el observado, las causas, y las mejoras necesarias para lograrlo. También tenemos información del consumo no productivo, generado por distintas causas muchas de ellos evitables.

A continuación como ejemplo mostramos el análisis del Consumo correspondiente al compresor 5 perteneciente al sistema de aire comprimido

Ejemplo: Grafica consumo cuartohorario





Consumo kWh	sep-07					
	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles
	21	22	23	24	25	26
22:00 - 06:00	1427	1469	0	1438	1422	1449
06:00 - 14:00	1286	1472	0	1439	1462	1406
22:00 - 06:00	1386	401	798	1315	1095	1111
Total	4098	3341	798	4192	3979	3966

Coste €	sep-07					
	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles
	21	22	23	24	25	26
22:00 - 06:00	81,95	72,91	0,00	81,69	81,73	83,08
06:00 - 14:00	105,48	73,07	0,00	113,71	114,80	110,34
22:00 - 06:00	112,53	19,92	39,60	106,88	89,29	90,59
Total	299,97	165,90	39,60	302,28	285,81	284,00

En este ejemplo se observa un consumo fuera de producción debido a una política desacertada en el uso de los compresores ocasionado por el desconocimiento del coste de su uso. Los fines de semana eran aprovechados en la fábrica para realizar tareas de mantenimiento donde el sistema productivo no presentaba necesidades de aire comprimido

El uso del aire comprimido para estas tareas de mantenimiento sin que existiesen las necesidades del sistema productivo era altamente ineficiente y un gasto energético excesivo, ya que dichas tareas podían realizarse con un compresor portátil o equipos eléctricos que sustituyesen a los neumáticos.

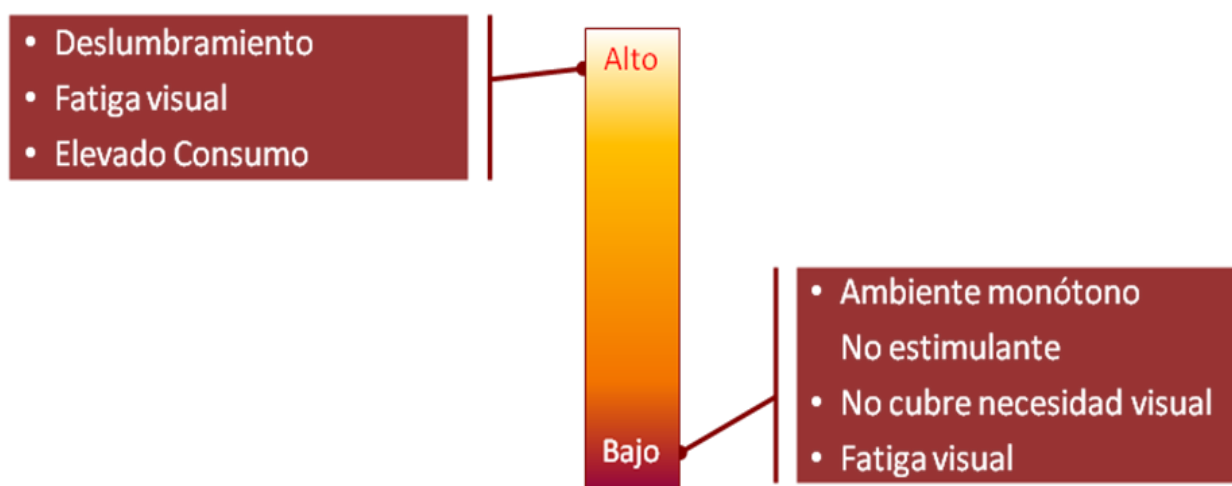
El empleo de equipos electrónicos o de un compresor portátil para estas tareas, evita poner en marcha la sala de compresor y dar presión a todo el circuito de aire comprimido, esta acción correctora en el uso de los compresores supuso un ahorro de 16000 euros año

5.3.3.3 Iluminación

5.3.3.3.1 Niveles de iluminación

Para comprobar que las instalaciones de alumbrado cumplen con criterios de confort visual será necesario realizar medidas de iluminancia (luxes) puntuales, para calcular la iluminancia media de cada local. Gracias a este valor además se podrá comprobar la eficiencia energética de las diferentes instalaciones de alumbrado de cada sala.

Un correcto nivel tiene un gran impacto en como una persona realiza la tarea visual de un modo rápido, seguro y confortable



En este análisis se comparan las mediciones de los niveles de iluminación (lux) tomadas con el luxómetro, con los valores recomendados en la *UNE – EN 12464 Iluminación de los lugares de trabajo* detectando zonas con excesiva o poca iluminación

Una instalación de alumbrado debería satisfacer los requisitos de iluminación de un espacio particular sin malgastar energía. Sin embargo, es importante no comprometer ni los aspectos visuales de una instalación de iluminación simplemente para reducir el consumo de energía.



Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

Los valores recomendados de los niveles de iluminación o iluminancia para el sector industrial se recogen en la siguiente tabla que recoge los valores recomendados en la industria del capítulo 5 de la norma *UNE – EN 12464 Iluminación de los lugares de trabajo*

Tabla niveles de iluminación recomendados en el sector industrial

Tipo de interior tarea y actividad	Lux
Zonas de tráfico y áreas comunes dentro de edificios	
Zonas de tráfico	Lux
Áreas de circulación y pasillos	100
Escaleras, escaleras automáticas, cintas transportadoras	150
Rampas/tramos de carga	150
Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios	Lux
Cantinas, despensas	200
Salas de descanso	100
Salas para ejercicio físico	300
Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios	200
Enfermería	500
Salas para atención médica	500
Salas de control	Lux
Salas de material, salas de mecanismos	200
Sala de fax, correos cuadro de contadores	500
Sala de almacenamiento, almacenes fríos	Lux
Almacenes y cuarto de almacén	100
Áreas de manipulación de paquetes y de expedición	300
Área de almacenamiento con estanterías	Lux
Pasillos: sin guarnecer	20
Pasillos: guarnecidas	150
Estaciones de control	150
Actividades industriales y artesanales	
Agricultura	Lux
Carga y operaciones con artículos, equipo de manipulación y maquinaria	200
Edificios para ganadería	50
Sala de veterinaria, establos para parir	200
Preparación de alimentos, vaquería; lavado de utensilios	200
Panaderías	Lux
Preparación y hornos de cocción	300
Acabado, horneado, decoración	500
Cemento, artículos de cemento, hormigón, ladrillos	Lux
Secado	50
Preparación de materiales, trabajo en hornos y mezcladores	200
Trabajo en máquinas en general	300
Encofrado	300



Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

Cerámicas, tejas, vidrio, artículos de vidrio	Lux
Secado	50
Preparación, trabajo en máquinas en general	300
Esmaltado, laminado, prensado, conformado de piezas sencillas, horneado	300
Soplado de vidrio	300
Amolado, grabado, pulido de vidrio, conformado de piezas de precisión	750
Fabricación de instrumentos de vidrio	750
Trabajo de precisión: amolado decorativo, pintura a mano	1000
Fabricación de piedras preciosas sintéticas	1500
Industria química, de plásticos y de caucho	Lux
Instalaciones de tratamiento manejadas por control remoto	50
Instalaciones de tratamiento con intervención manual limitada	150
Puestos de trabajo constantemente protegidos en instalaciones de tratamiento	300
Salas de medidas de precisión, laboratorios	500
Producción farmacéutica	500
Producción de neumáticos	500
Inspección de colores	1000
Corte, acabado, inspección	750
Industria eléctrica	Lux
Fabricación de cable e hilos	300
Bobinado: bobinas grandes	300
Bobinado: bobinas medias	500
Bobinado: bobinas pequeñas	750
Impregnación de bobinas	300
Galvanización	300
Trabajo de ensamblaje: basto Ej. Transformadores grandes	300
Trabajo de ensamblaje: medio Ej. Cuadro de contadores	500
Trabajo de ensamblaje: fino Ej. Teléfonos	750
Trabajo de ensamblaje: Precisión Ej. Equipos de medida	1000
Talleres de electrónica, ensayos, puesta a punto	1500
Productos alimenticios e industria de alimentos de lujo	Lux
Puestos de trabajo y zonas en:	200
– fábricas de cerveza, malta para lavado, llenado de barriles, limpieza, tamizado, descascarado	200
– cocción en fábricas de conservas, chocolates y zonas en azucareras	200
– para secar y fermentar el tabaco en rama, cueva de fermentación	200
Clasificación y lavado de productos: molienda, mezclado, envasado	300
Puestos de trabajo y zonas críticas en mataderos, carnicerías	500
Puestos de trabajo y zonas críticas en molinos de queserías	500
Puestos de trabajo y zonas críticas en zonas de filtrado en refinerías de azúcar	500
Corte y clasificación de frutas y vegetales	300
Fabricación de alimentos de delicatessen, trabajo en cocinas	500
Fabricación de puros y cigarrillos	500
Inspección de vidrios y botellas, control de productos, desbarbadura	500
clasificación, decoración	500
Laboratorios	500
Inspección de colores	1000



Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

Fundiciones y colada de metales	Lux
Plataformas	50
Preparación de arena	100
Vestuario	200
Puestos de trabajo en cúpula y mezclador	200
Nave de colada	200
Áreas de sacudidas por vibración	200
Moldeo en máquina	200
Moldeo a mano y moldeo de núcleos	300
Moldeo a presión	300
Construcción de modelos	500
Cuero y artículos de cuero	Lux
Trabajo en tinajas, barriles y pozos	200
Descarnado, adelgazado, frotado, limpieza en tambor de pieles	300
Curtido, fabricación de zapatos:	500
cosido, pulido, ahormado, corte, punzonado, perforación	500
Clasificación	500
Teñido de cuero (máquina)	500
Control de calidad	1000
Inspección de colores	1000
Fabricación de zapatos	500
Fabricación de guantes	500
Trabajo y tratamiento de metales	Lux
Forja en troquel abierto	200
Estampación en caliente	300
Soldadura	300
Mecanización basta y media: tolerancias $\geq 0,1$ mm	300
Mecanización de precisión; pulido: tolerancias $< 0,1$ mm	500
Trazado, inspección	750
Talleres de estirado de hilos y tubos; conformado en frío	300
Mecanización de chapas: espesor ≥ 5 mm	200
Chapistería: espesor < 5 mm	300
Fabricación de herramientas; fabricación de equipo de corte	750
Montaje:	-
– basto	200
– medio	300
– fino	500
– precisión	750
Galvanización	300
Preparación de superficies y pintura	750
Fabricación de herramientas, patrones, mecánica de precisión, micro mecánica	1000
Papel y artículos de papel	Lux
Molino vertical, molinos de pulpa	200
Fabricación y tratamiento de papel, máquinas de papel y ondulación	300
Fabricación de cartón	300
Encuadernado estándar ej. plegado clasificación, encolado, corte, grabado	500



Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

Centrales de energía eléctrica	Lux
Planta de suministro de combustible	50
Alojamiento caldera	100
Salas de máquinas	200
Salas laterales ej. salas de bombas, salas de condensadores, etc.	200
Salas de control	500
Aparatos de conmutación exterior	20
Imprentas	Lux
Corte, grabado, tipografía, grabado de clichés, trabajo en placas y mármol	500
Máquinas de impresión, fabricación de matrices	500
Clasificación de papel e impresión a mano	500
Ajuste de tipos, retoques, litografía	1000
Inspección de colores en impresión, multicolor	1500
Grabado en acero y cobre	2000
Laminación, instalaciones siderúrgicas	Lux
Instalaciones de producción sin intervención manual	50
Instalaciones de producción con intervención manual ocasional	150
Instalaciones de producción con intervención manual continua	200
Almacén de placas de metal	50
Hornos	200
Tren de laminación, bobinadora, línea de corte	300
Plataformas de control; paneles de control	300
Ensayos, medición e inspección	500
Fosos de tamaño de hombre, secciones de cintas, cuevas, etc.	50
Industria textil	Lux
Puestos de trabajo y zonas en baños, apertura de balas o fardos	200
Cardado, lavado, planchado, máquina de deshilachar, dibujado	300
Peinado, dimensionado, corte de cardado, pre-hilado, hilado de yute	300
Hilado, plegado, enrollado, bobinado	500
Urdimbre, tejido, trenzado, tricotado	500
Cosido, tejido de punto, costuras	750
Diseño manual, patrones	750
Acabado, teñido	500
Sala de secado	100
Impresión automática de tejidos	500
Desmotado, inserción de la trama, recortes	1000
Inspección de colores, control de tejidos	1000
Zurcido invisible	1500
Fabricación de sombreros	500
Fabricación de vehículos	Lux
Carrocería y montaje	500
Pintura, cámara, pulverización, cámara de pulido	750
Pintura: retoque, inspección	1000
Fabricación de tapicería	1000
Inspección final	1000



Industria maderera y su tratamiento		Lux
Tratamiento automático, por ejemplo, secado, fabricación de tablero		50
Tratamientos con vapor		150
Bastidor de aserrado		300
Trabajo en uniones, encolado, montaje		300
Pulido, pintura, ensambles finos		750
Trabajo en máquinas para trabajar madera, ej.		500
Torneado, estriado, enderezado, rebatido, ranurado corte, aserrado, perforado		750
Selección de maderas de placas		750
Marquetería, incrustación en madera		750
Control de calidad, inspección		1000
oficinas		
oficinas		Lux
Archivo, copias, etc.		300
Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos		500
Dibujo técnico		750
Puestos de trabajo de CAD		500
Salas de conferencias y reuniones		500
Mostrador de recepción		300
Archivos		200

Los valores dados en la tabla son los niveles de iluminación mantenidas en el área de tarea sobre la superficie de referencia que puede ser horizontal, vertical o inclinada. El nivel de iluminación medio para cada tarea no debe caer por debajo del valor dado en la tabla, independientemente de la edad y estado de la instalación. Los valores son válidos para condiciones visuales normales y tienen en cuenta los siguientes factores:

- aspectos psico-fisiológicos tales como el confort visual y el bienestar;
- requisitos para tareas visuales;
- ergonomía visual;
- experiencia práctica;
- seguridad;
- economía.

5.3.3.4 Generación y distribución de calor Industrial

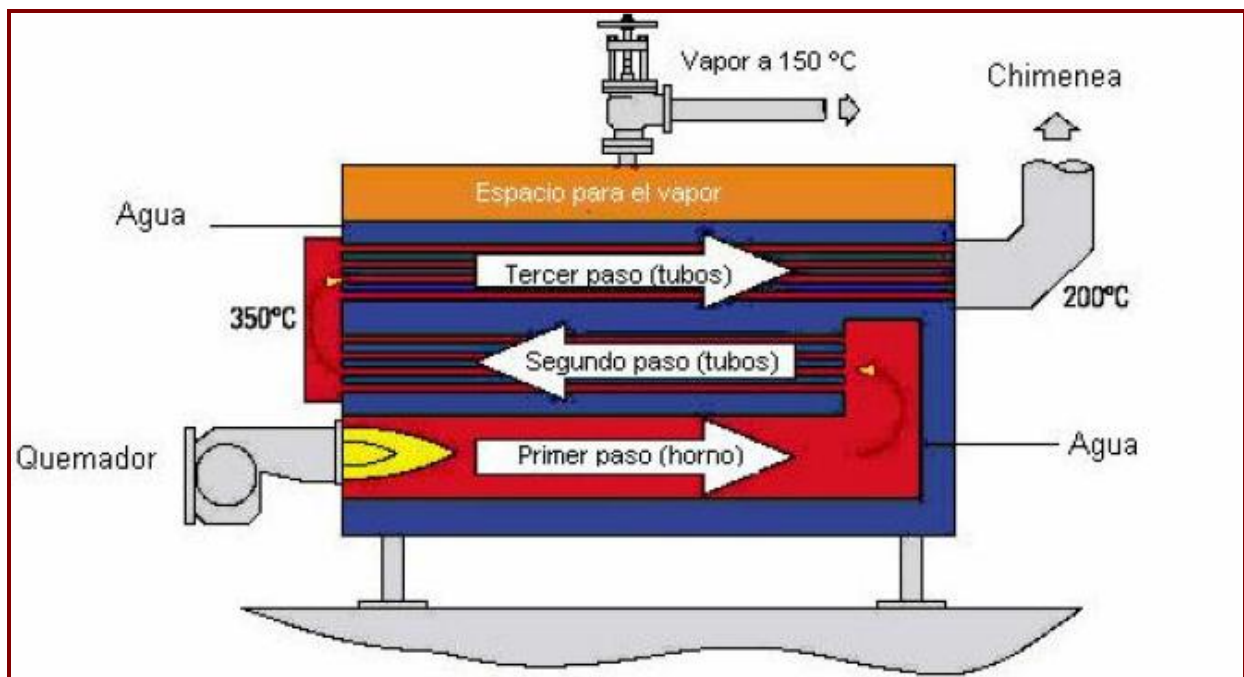
5.3.3.4.1 Generación de calor

La producción de calor en una caldera se produce mediante la liberación de energía térmica de un combustible mediante reacción de oxidación (exotérmica) y transferencia a un fluido caloportador.

- Aumento de entalpía de un fluido caloportador (agua/aceite)
- Transferencia de calor al fluido por radiación (2/3) y convección (1/3)
- Generación de vapor (~40% consumo energía países desarrollados)

Tipos de calderas

Calderas pirotubulares



1. Descripción

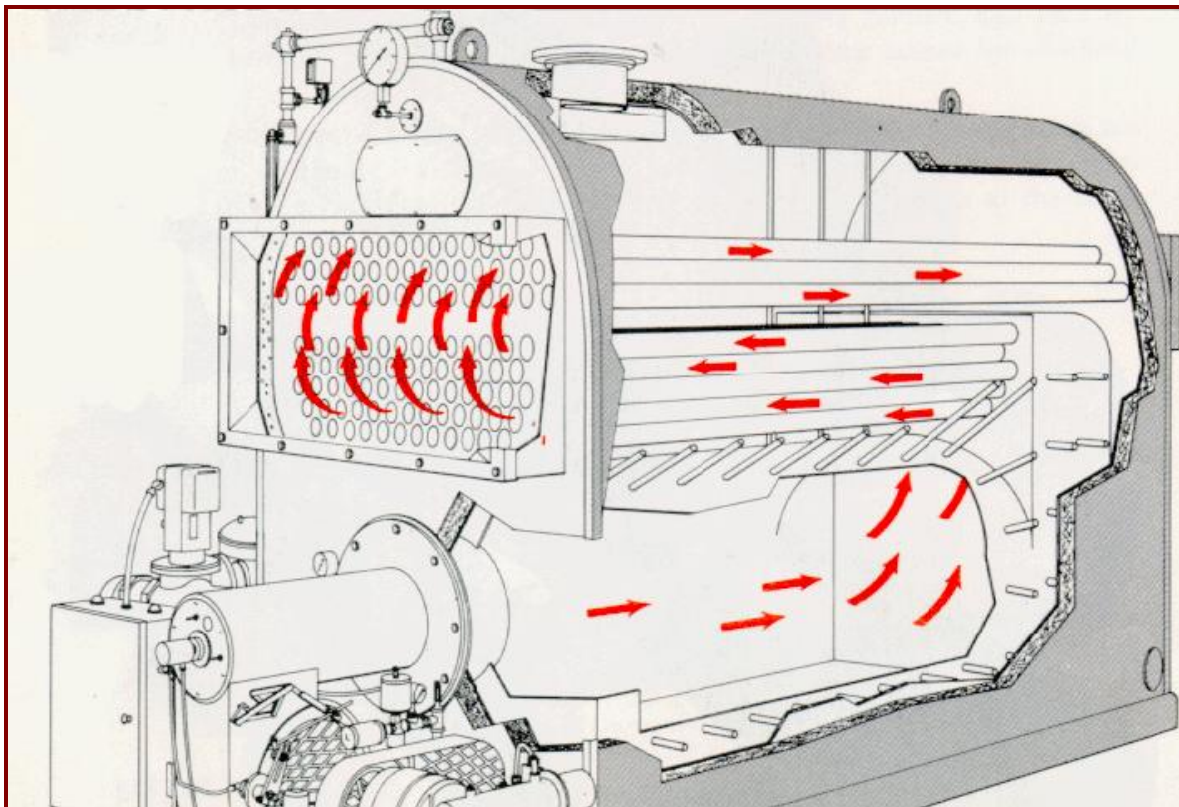
- Gases de combustión en interior de tubos
- Cámara de combustión y tubos inmersos en agua
- Tubos corrugados
- Producción de vapor saturado

2. Parámetros energético

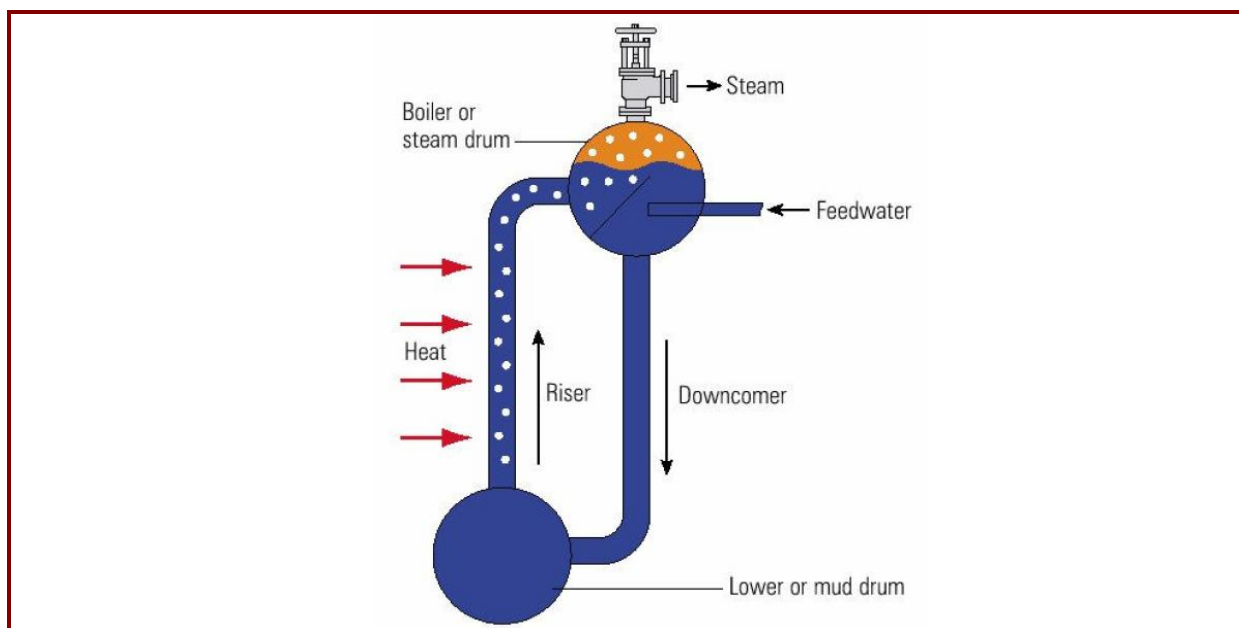
- Potencia: 2 – 20 MW
- Producción de vapor: 3 – 30 t/h
- P máxima: 20 – 25 bar
- Rendimiento ~85-90%
- T gases salida ~200°C (50°C superior a la de generación del vapor)
- T hogar ~1300°C
- Exceso aire ~10-20%

3. Aplicaciones

- Generación de vapor saturado en la industria
- Agua caliente o sobrecalentada



Calderas acuotubulares



1. Descripción

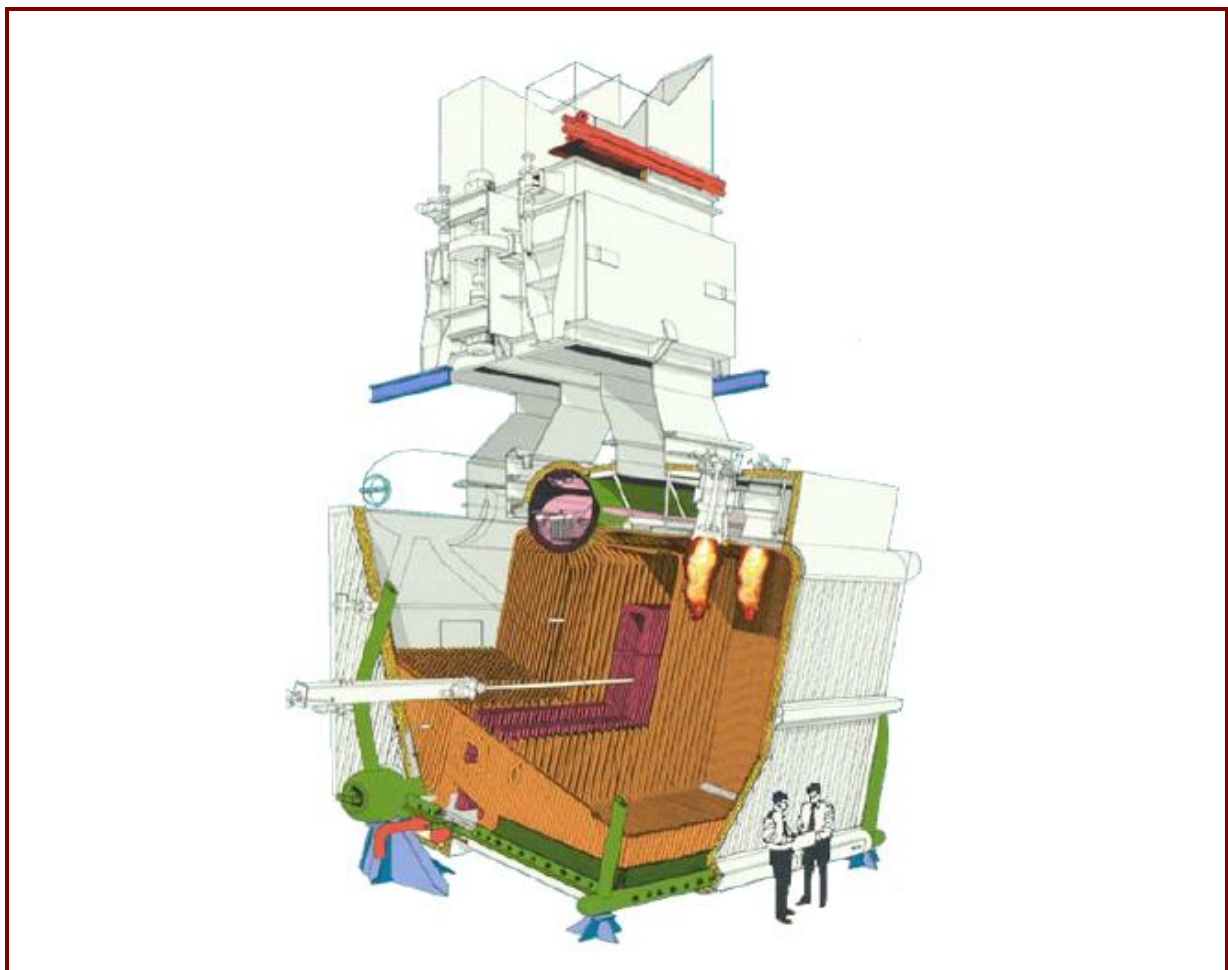
- Cámara de combustión rodeada de paredes-membrana tubulares
- Agua circula en interior de los tubos (2" OD separación 4")
- Calderines (normalmente dos; superior e inferior)
- Circulación natural agua por diferencia densidades ($P_v < 100$ bar)
- Producción vapor saturado o recalentado (producción potencia)
- Existencia economizador para precalentamiento agua

2. Parámetros energéticos

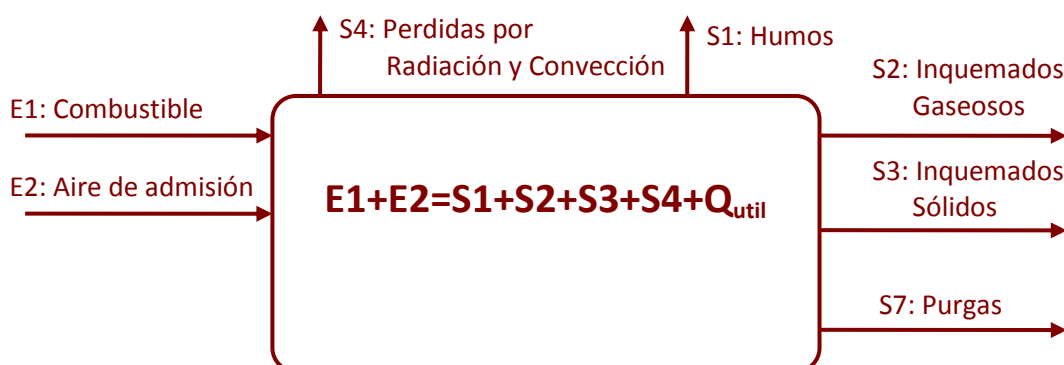
- Potencia: 8 – 20 MW (hasta 2000 MW en plantas de potencia)
- Producción de vapor: 6 – 100 t/h
- Rendimiento ~ 85-90%
- Puede operar con $P > 80$ bar, $T_v < 500^\circ\text{C}$

3. Aspectos relevantes

- Temperatura salida gases (Min: 110- 160° C). Contenido O₂ (2.5-3.5%)
- Calidad del tratamiento agua (TDS, Ph, otros)
- Calidad vapor salida calderín (Chevrone y secadores ciclónicos)
- Caudal de purgas continuas y de fondo
- Limpieza zonas convectivas (sopladores hollín con fuel oil)
- Temperatura de rocío ácido (~ 90-150 °C)



Balance de energía



E1, E2, S1, S2, S3, S4 han sido ya desarrolladas en el análisis térmico del sistema productivo ver 5.3.2.3 *Análisis térmico*

S7: Purgas

Por purga de calderas se entiende el proceso de extracción de una cierta cantidad de agua del interior de la caldera, con el fin de evitar una alta concentración de los sólidos disueltos por la explotación de la misma, así como para dar salida a aquellos que pudiera haber en suspensión en el agua.

Al producirse la purga en la caldera, y dado que el agua está a la temperatura de saturación, se produce una importante pérdida de energía.

$$Q_{purga} := m_{agua} \cdot (h_p - h_a)$$

Q_{purga} = Calor perdió en la purga [kW]

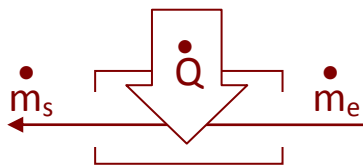
m_{agua} = Flujo masico de agua [kg/s]

h_p = entalpia del agua en la purga

h_a entalpia de agua en el estado muerto (temperatura de red)

Q_{util}: calor útil

El calor útil es el aportado de la combustión al fluido caloportador. Se cuantifica a partir de las mediciones de caudal, temperatura y presión de la entrada y salida del fluido a la caldera, mediante formula del balance de energía del fluido que se calienta de un intercambiador de calor (*Ver APENDICE I Repaso de termodinámica*)



$$Q_{util} := m \left(h_s - h_e \right) \quad [kW]$$

Q_{util} = Calor útil (kW)

m = flujo másico del fluido (kg/s)

h_e = entalpia del fluido en las condiciones de entrada [kJ/kg]

h_s = entalpia del fluido en las condiciones de salida [kJ/kg]



Rendimiento energético

El rendimiento energético de este proceso de intercambio será la relación entre la cuantía del calor que ha captado por el fluido caloportador (calor útil) respecto al que poseía el combustible utilizado.

Método directo: Determinación del rendimiento por el calor útil aportado al agua.

$$\eta := \frac{Q_{\text{util}}}{E_{\text{comb}}} = \frac{m_{\text{fluido}} (h_s - h_e)}{Q_{\text{comb}} \cdot \rho \cdot \text{PCI}}$$

E_{comb} = Calor del combustible (kW)

Q_{comb} = caudal de combustible (m³/s)

ρ = densidad del combustible (kg/m³)

PCI = poder calorífico inferior (kJ/ kg)

Q_{util} = Calor util (kW)

m_{fluido} = flujo másico del fluido (kg/s)

h_s = entalpía del fluido en las condiciones de salida [kJ/kg]

h_e = entalpía del fluido en las condiciones de entrada [kJ/kg]

Método indirecto: Determinación del rendimiento por las pérdidas en caldera y en gases de combustión.

$$\eta := 1 - \frac{S1 + s2 + s3 + s4}{E_{\text{comb}}}$$



5.3.3.4.2 Distribución de Calor Industrial

La energía térmica se transporta al proceso mediante fluidos caloportadores.



Fluidos caloportadores: Fluidos que transportan y transfieren la energía térmica desde su generación hasta su consumo.

Redes de Vapor

Fluido caloportador más empleado en la industria. Se transporta hasta el punto de consumo donde cede su calor latente.

1. Ventajas:

- Transporte: Gran densidad energética (kJ/kg). Se mueve menos masa que en el caso de otros fluidos → se reduce el tamaño de la red
- Transferencia energía:
 - Muy buena. Elevado coeficiente de transferencia ($> 10000 \text{ W/m}^2\text{°C}$) → Intercambiadores pequeños
 - Se produce a T y P constantes.
- Se obtiene del agua: barato, no tóxico, no agresivo.
- No existen problemas de inflamación y autoignición.
- Baja viscosidad.
- Se emplea tanto para transportar/transferir energía como para producir energía mecánica (turbinas)



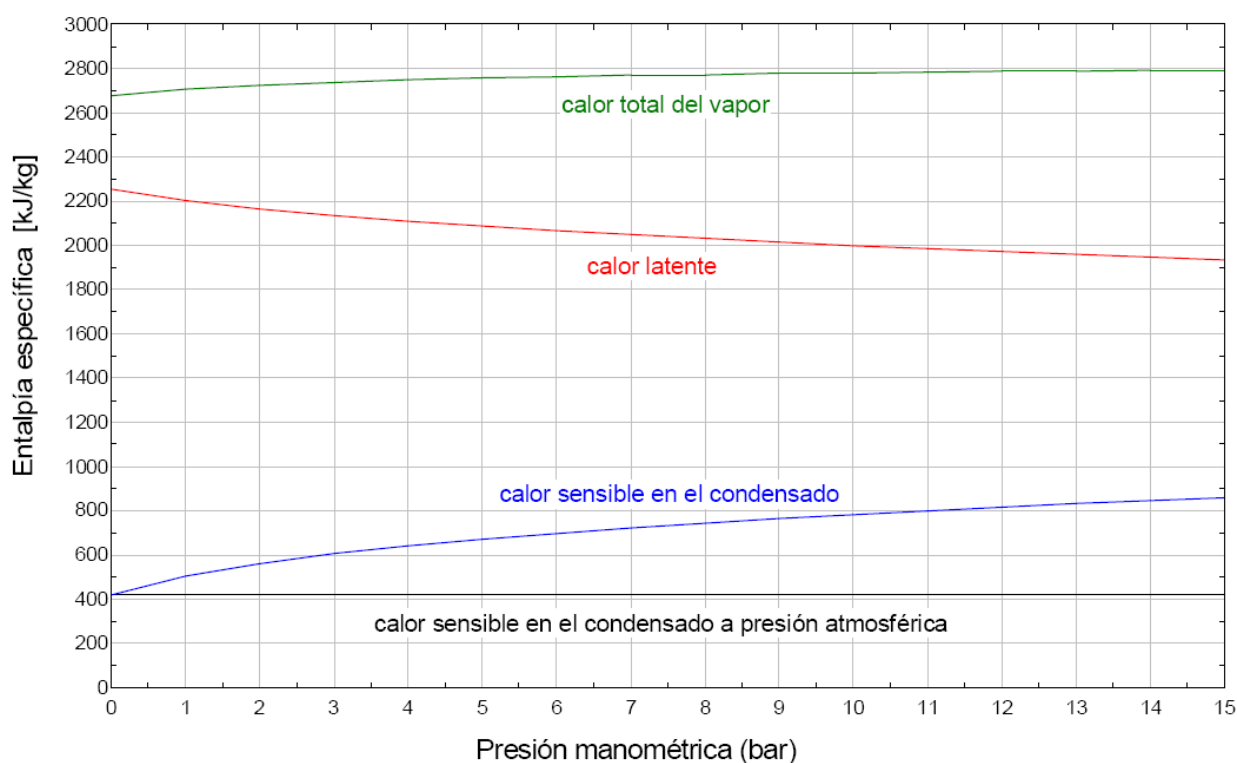
2. Inconvenientes:

- Presión de trabajo de la instalación. (Para temperaturas mayores de 200oC la presión es mayor de 16 kg/cm² → encarecimiento de la instalación).
- Fugas de red de transporte
- Redes de retorno de condensado. Mantenimiento purgadores.
- Tratamiento de agua. Función de la presión del servicio.

3. Dos variantes principales de las instalaciones de vapor:

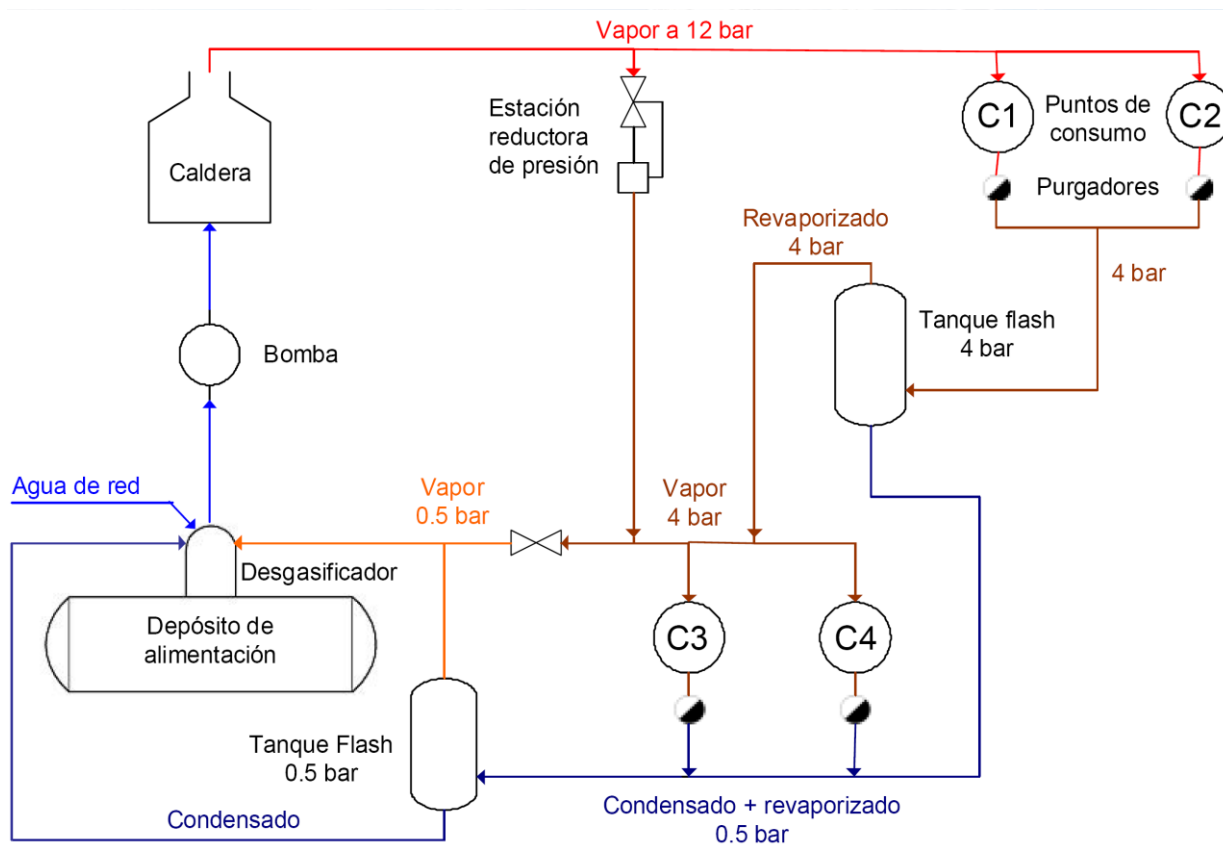
- Transferir energía térmica a un proceso
- Transferir energía térmica a un proceso y producir energía eléctrica: Cogeneracion.

Grafica de energía contenida en el vapor



Instalación de vapor para proceso

- El vapor se produce a presión algo mayor a la correspondiente a la temperatura del proceso.
- El vapor se emplea saturado o recalentado.
- Estaciones reductoras permiten consumos a distintos niveles de presión.
- Condensado revaporiza parcialmente en depósitos flash (al siguiente nivel de presión).

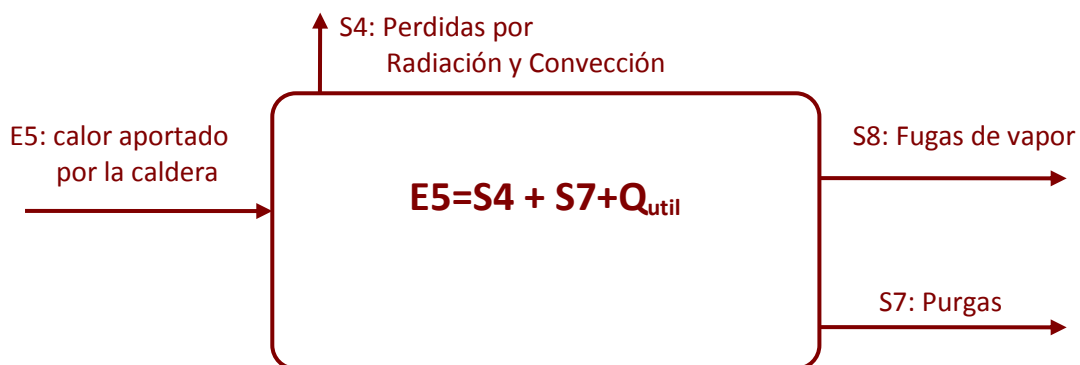


Red de distribución

- Colector general y líneas de distribución secundarias
- Estación reductora de presión
- Purgadores para retirar el condensado
- Red de tuberías para recoger y retornar condensados
- Depósitos flash para la separación del revaporizado
- Deposito de condensado



Balance de energía



E5: Corresponde al calor útil del balance de energía de la caldera, S4: ha sido ya desarrolladas en el análisis térmico del sistema productivo *ver 5.3.2.3 Análisis térmico*, S7 y S8 han sido desarrolladas en el balance energético de la caldera

5.3.3.5 Generación y distribución de frio Industrial

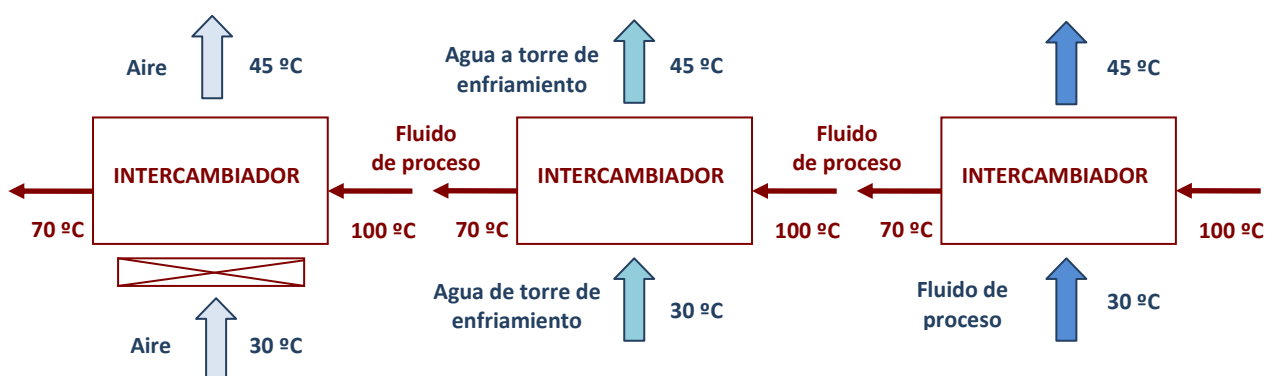
5.3.3.5.1 Generación de frio

Las técnicas de enfriamiento/producción de frio se encuentran en tres aplicaciones fundamentales: climatización de inmuebles, conservación de productos perecederos y en todos los procesos de enfriamiento industriales.

Procesos enfriamiento

Procesos enfriamiento sin aportación de energía

Los procesos de enfriamiento sin aporte de energía son aquellos que emplean como medio de enfriamiento el medioambiente (aire o agua) y corrientes del mismo proceso. Tecnológicamente se realizan mediante intercambiadores de calor de diversos tipos.



Características del proceso

- Proceso espontáneo.
- Sin aporte exterior de energía.
- Medio refrigerante: medioambiente
- o corriente de proceso.
- Temperatura mínima alcanzable:
- la del medio refrigerante

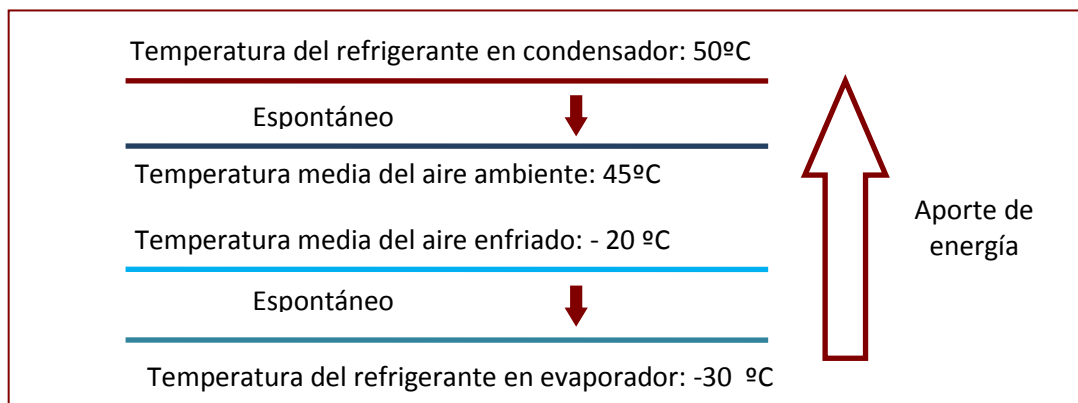
Temperatura media fluido a ser enfriado 85°C

Proceso de transferencia de calor espontáneo

Temperatura media fluido refrigerante 32.5 °C

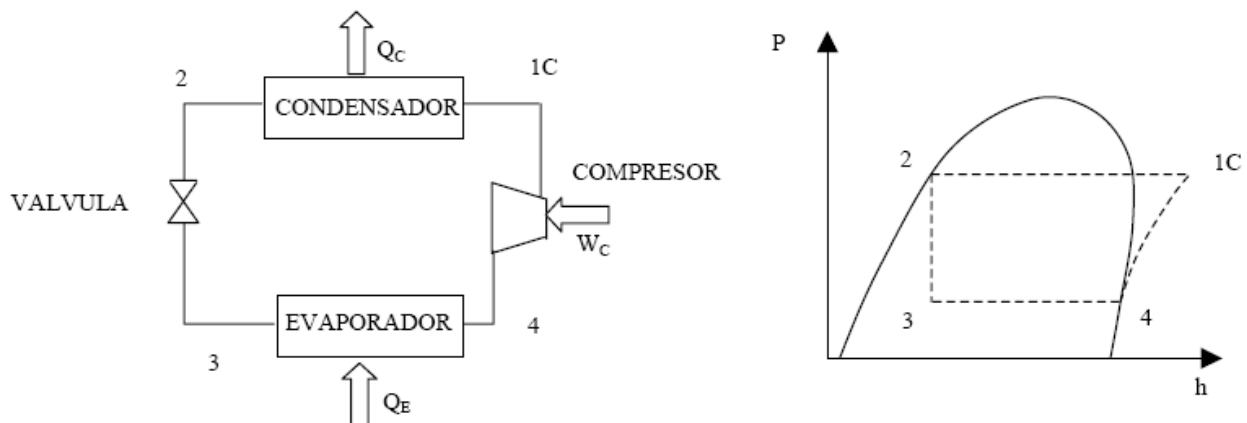
Procesos enfriamiento con aportación de energía

Los procesos de enfriamiento con aporte de energía son aquellos que emplean como medio refrigerante uno producido artificialmente mediante uno de los “sistemas de producción de frío”. Se emplean para conseguir niveles de enfriamiento inferiores a los del medioambiente.



El aporte de energía en los procesos de enfriamiento puede ser en forma mecánica (compresores en sus diversos tipos) o mediante energía térmica (absorción).

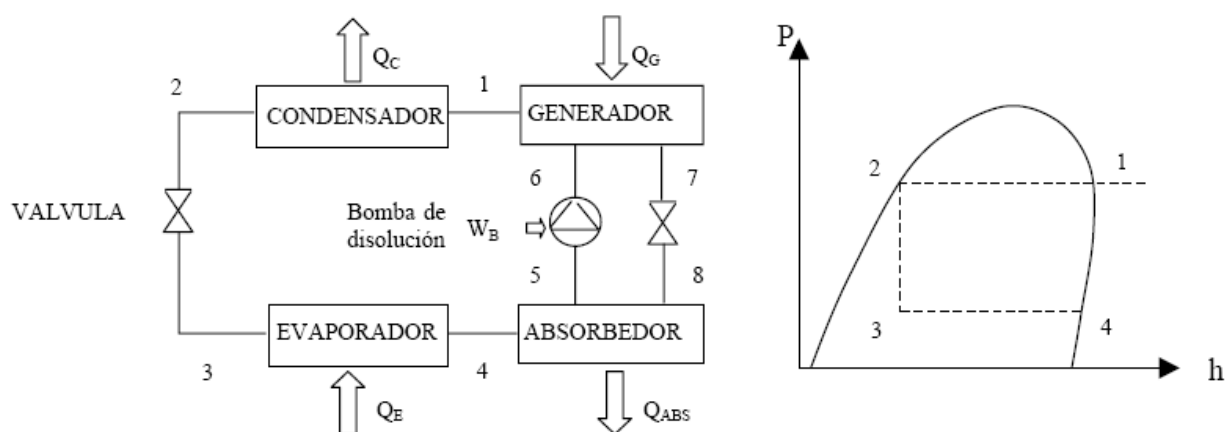
- **Refrigeración por compresión mecánica de vapor**



El efecto de refrigeración tiene lugar en el evaporador, donde el refrigerante se evapora y absorbe el calor del espacio a enfriar. Posteriormente, en estado de saturación o ligeramente recalentado (4), es comprimido hasta la presión de operación del condensador. Esta presión viene definida por la temperatura en el ambiente exterior, hacia donde se rechaza el calor de condensación. Una válvula de expansión se encarga de llevar el refrigerante desde el estado de líquido saturado, a la salida del condensador (2), hasta la presión en el evaporador.

- **Refrigeración por absorción**

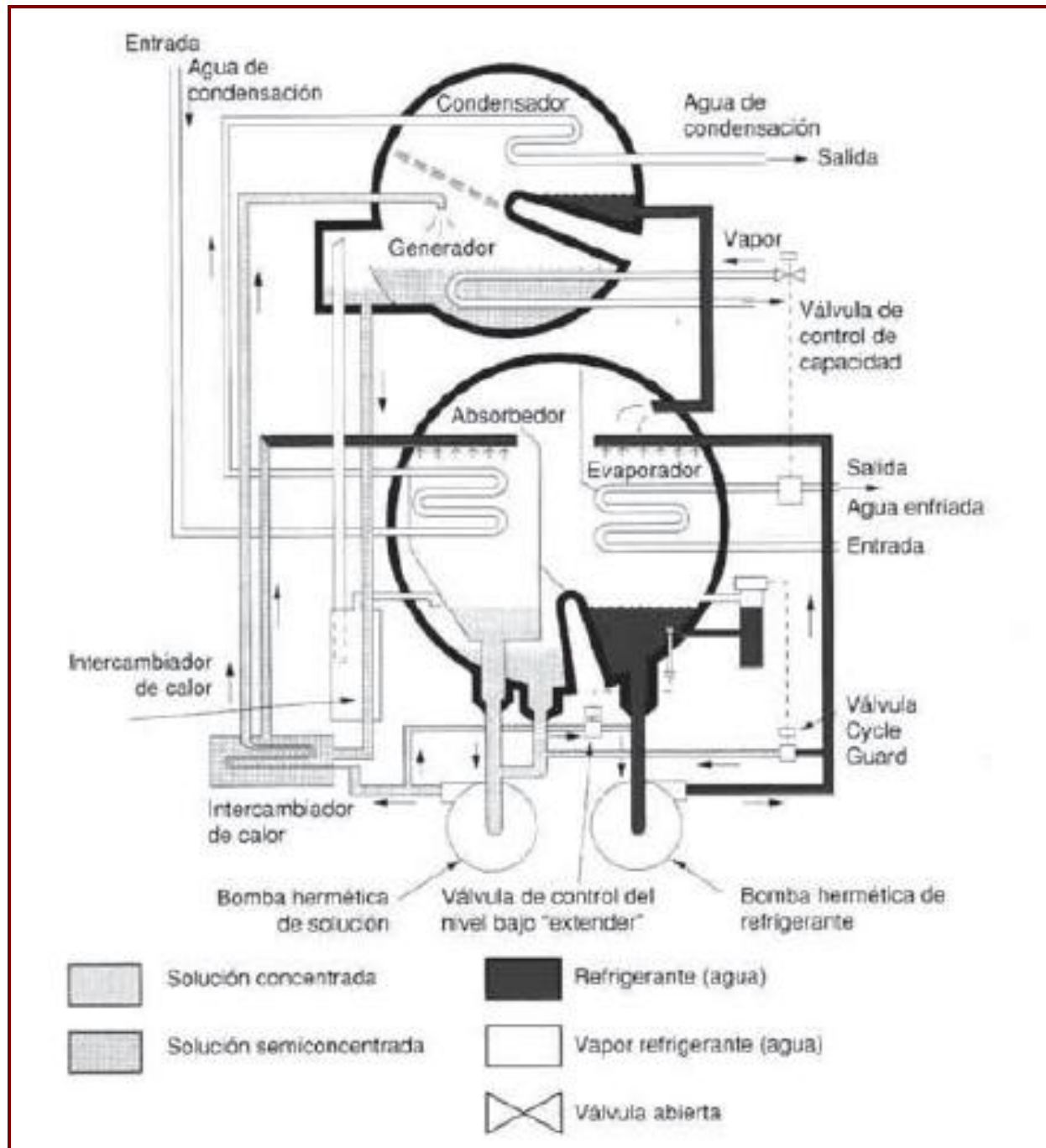
Una máquina de refrigeración por absorción sustituye el compresor mecánico por un compresor termoquímico, constituido por dos intercambiadores de calor y masa, el absorbedor y el generador de la figura 2 (cada uno a la presión del evaporador y del condensador, respectivamente); una bomba de disolución y una válvula de expansión.



En estos nuevos componentes de la máquina circula una disolución compuesta por el refrigerante y un absorbente, afín al refrigerante. En el absorbedor, el vapor de refrigerante a la salida del evaporador se disuelve en la disolución. A la salida del absorbedor (5), la disolución (que tendrá una concentración rica en refrigerante) se bombea hasta la presión del condensador mediante la bomba de disolución.

En el generador, se hace hervir la disolución (mediante un aporte de calor), que permite la separación del componente más volátil de la mezcla (el refrigerante), que en forma de vapor sobrecalentado (1) es enviado hacia el condensador. De este modo, a continuación, el refrigerante realiza los procesos de condensación, expansión y evaporación, de igual forma a como lo hace en un ciclo de compresión mecánica. En el generador, el resto de la disolución - con una concentración menor en refrigerante (7)- es devuelta al absorbedor, a través de una válvula para reducir su presión. Esta disolución vuelve a absorber el vapor de refrigerante procedente del evaporador (4). Este proceso de absorción libera una cierta cantidad de calor.

Esquema de refrigeración por absorción



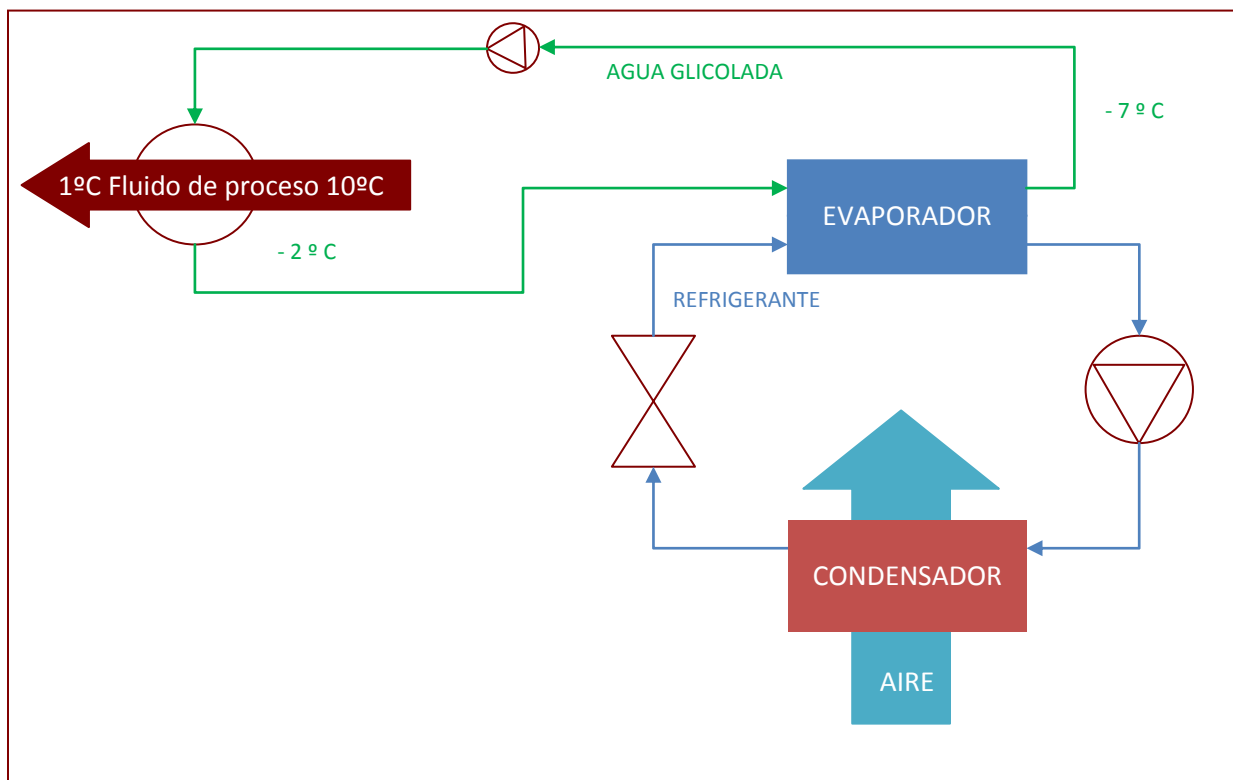


Tipos de sistemas de refrigeración

Existen distintos tipos de instalaciones en el sector industrial siendo las mas comunes la siguientes:

- **Sistemas de refrigeración por evaporación directa**, en los que la evaporación del fluido refrigerante se realiza a través de un evaporador por el que circula el medio a refrigerar (aire de la cámara de secado).
- **Sistemas de refrigeración por evaporación indirecta**, en los cuales la evaporación del fluido refrigerante se realiza a través de un evaporador por el que circula un fluido intermedio (agua glicolada o agua fría) que en un intercambiador posterior absorbe el calor del medio que se desea refrigerar (aire de la cámara de secado).
- **Sistemas de refrigeración condensados por aire**, en los que la refrigeración del condensador se realiza mediante un intercambiador de calor por el que circula aire.
- **Sistemas de refrigeración condensados por agua**, en los que la refrigeración del condensador se realiza en un intercambiador por el que circula agua (normalmente procedente de un sistema dotado de torre de refrigeración por enfriamiento evaporativo).
- **Sistemas de refrigeración con condensador evaporativo** en el que se juntan los efectos de refrigeración del agua y del enfriamiento evaporativo.

E





Rendimiento energético

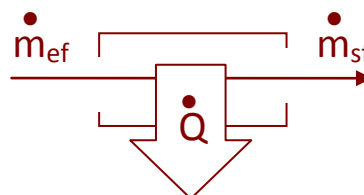
El “rendimiento” se denomina “Efficiency Energy Ratio” (EER) y suele ser mayor que uno. Su realidad física se corresponde con el de un transporte de energía desde un foco frío hasta un foco caliente.

$$EER := \frac{Q_E}{W} = k \cdot \frac{T_{ex}}{T_{cond} - T_{evp}}$$

W es la potencia empleada que la obtenemos a partir de las mediciones eléctricas

Q_e es el calor útil que corresponde al calor absorbido en el evaporador

El calor absorbido por el evaporador se cuantifica a partir de la temperatura, presión y caudal a la entrada y salida de el fluido mediante formula del balance de energía del fluido que se enfría de un intercambiador de calor (*Ver APENDICE I Repaso de termodinámica*)



$$Q_e := m \cdot (h_e - h_s)$$

Q_E= Calor cedido de la red de transporte (kW)

m = flujo másico del fluido (kg/s)

h_{ef} = entalpia del fluido en la entrada [kJ/kg]

h_{sf} = entalpia del fluido en la salida [kJ/kg]

Perdidas por radiación y convección

También se cuantifican las perdidas por deficiencia de los aislamientos tanto en la generación como en la distribución mediante las formulas descritas en el APENDICE III



5.3.3.6 Aire Comprimido

Una planta de aire comprimido consta, generalmente, de los siguientes elementos:

Instalación de aspiración de aire: en compresores de baja potencia se toma el aire de la propia sala y en los de mayor potencia del exterior, normalmente desde la parte superior de la fábrica, con el fin de disminuir ruidos. A fin de minimizar pérdidas, se requiere un dimensionamiento adecuado respecto a la sección y a la longitud de los conductos, que permita una velocidad del aire del orden de 5 a 7 m/s.

Filtros de aspiración: para eliminar la presencia de polvo y otras partículas de suciedad, el aire aspirado se hace pasar por un filtro. Los filtros comúnmente utilizados son los de laberinto y los de papel y deben garantizar una adecuada separación y capacidad de acumulación que permita eliminar grandes cantidades de polvo y partículas sin disminuir sensiblemente su capacidad de carga y sin que sea precisa una limpieza excesivamente frecuente del mismo.

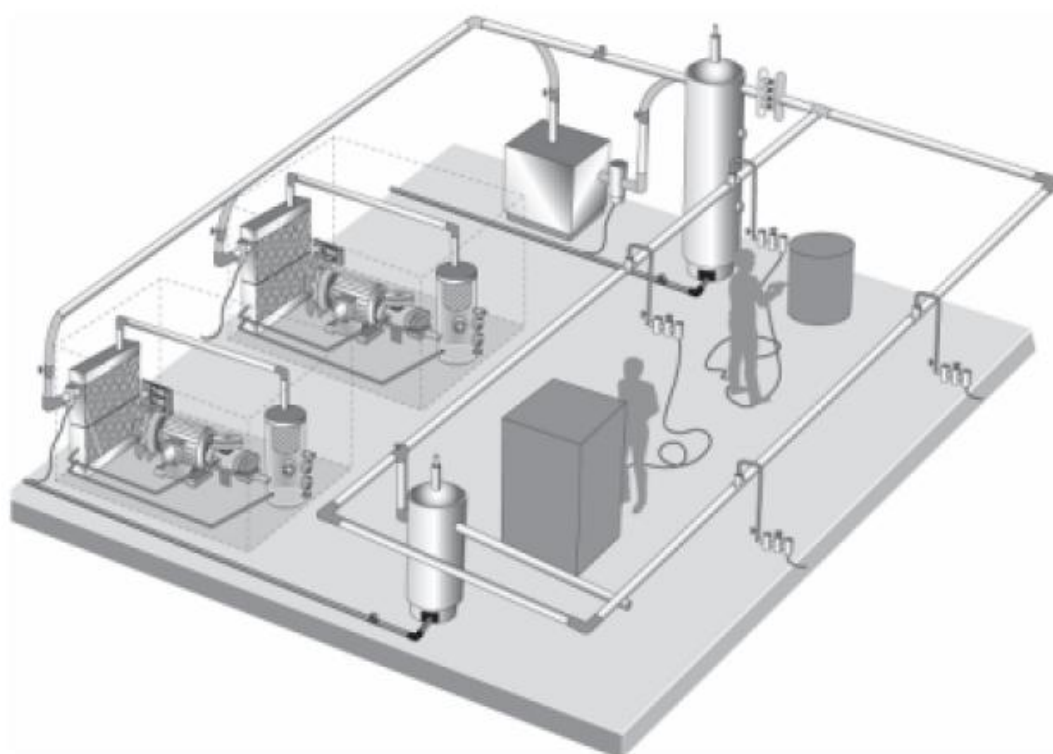
Compresor: El tipo de compresor más habitual en estos sectores es el compresor de tornillo, que consta de dos rotores que comprimen el aire entre los lóbulos helicoidales y las cámaras de los rotores. Uno de los rotores actúa con sus lóbulos macho, consumiendo la mayor parte de la energía de accionamiento necesaria, en torno al 90%, de modo que al girar encaja los lóbulos en los huecos del rotor hembra que consume el 10% restante. Los compresores de tornillo tienen compresión interna y carecen de válvulas.

Secadora: Previo al depósito de acumulación y después de la salida de aire al compresor, se suele situar un refrigerador que consigue precipitar parte de la humedad y del aceite arrastrado por el aire, siendo eliminado mediante el drenaje inferior del equipo. La refrigeración del aire comprimido puede realizarse mediante el uso de agua o aire.

Depósitos de aire: El aire comprimido y refrigerado es almacenado en un depósito que permita satisfacer las puntas de demanda superiores a la capacidad del compresor, así como recoger posibles residuos de condensado y aceite y evitar ciclos de carga y descarga en el compresor demasiado cortos. Al tratarse de un recipiente a presión debe estar dotado de los elementos de seguridad necesarios, entre los que destaca una válvula de seguridad, un manómetro y una válvula de drenaje.

Válvulas de seguridad. Se debe dotar al compresor de un sistema de alivio a fin de limitar la presión de descarga a un valor máximo.

Esquema de instalación de aire comprimido





Calculo de la perdida de energía total por fugas en el circuito de Aire Comprimido

La fuga total de un sistema de aire comprimido se puede cuantificar de forma aproximada de la siguiente forma

Conociendo la capacidad de suministro de “free air” del compresor y utilizando un reloj normal

- Se cierran todos los equipos operados por aire.
- Se pone en marcha el compresor hasta que el sistema adquiere la presión total de la línea, momento en que el compresor se para. En ese momento se anota la hora exacta.
- Debido a las fugas presión del sistema irá descendiendo y el compresor se pondrá en marcha automáticamente de nuevo. En ese momento se anota la hora exacta. Los períodos durante los cuales el compresor está “funcionando y parado” se anotarán al menos 4 veces para obtener un valor medio de cada uno de ellos.

Sea:

T_f (minutos) = El tiempo medio de funcionamiento del compresor.

T_p (minutos) = El tiempo medio de parada del compresor.

Q (scfm) = Caudal de “Free air” suministrado por el compresor.

L (scfm) = Fuga total del sistema

$$L = Q \frac{T_f}{T_f + T_p}$$

$$\text{Potencia perdida con fugas} = \frac{L}{6} \text{ (kW)}$$



5.4 Propuestas y conclusiones

Una vez conocidos los consumos y realizado el balance energético de los distintos equipos, se determinarán los ahorros potenciales de energía a través de, por ejemplo, la revisión de los procesos, la instalación de nuevos equipos que sustituyan a los que se están utilizando, el aprovechamiento de calores residuales, el establecimiento de las condiciones óptimas de trabajo de los equipos, etc.

De esta manera se podrán determinar los ahorros potenciales de energía de cada una de las medidas propuestas respecto del total de energía utilizada en la operación, y respecto del total de energía utilizada en la planta.

Se concluirá con un análisis económico de las inversiones a acometer con objeto de lograr los ahorros potenciales propuestos. En él se calculará el periodo de amortización, además de establecer un orden de prioridades para la realización de los proyectos en función de la rentabilidad de los mismos y de la situación financiera de la empresa.

El informe contendrá los siguientes apartados:

- Ahorros potenciales, indicando aquellos puntos donde se produce un consumo excesivo de energía donde es posible ahorrarla.
- Mejoras propuestas, que incluirá un programa de mejoras en las instalaciones o la puesta en marcha de nuevos equipos y procesos.
- Análisis de la viabilidad económica, estudiando la rentabilidad de las distintas propuestas, periodo de amortización y prioridad de las mismas.

5.4.1 Mejoras de ahorro y eficiencia energética

En esta fase se proponen las actuaciones de ahorro y diversificación, incluyendo el empleo de energías alternativas. Dichas actuaciones consistirán en recomendaciones de mejora específicas. Las mejoras atienden, de forma general, a la siguiente clasificación:

- Mejoras en suministros energéticos.
- Sustitución de equipos por otros más eficientes.
- Buenas prácticas en el uso de los equipos existentes, mediante su óptima regulación y/o uso eficiente de los mismos.
- Sustitución de fuentes energéticas / Aprovechamiento de calores residuales.
- Se realizará un estudio de viabilidad de integración de energías alternativas: potencial de aprovechamiento de Energía Solar Térmica, desarrollo de instalaciones Fotovoltaicas, integración de otras energías renovables, integración de instalaciones de cogeneración o trigeneración.
- Mejoras del sistema actual de gestión energética.

Dichas actuaciones de ahorro y diversificación engloban y constituyen las conclusiones obtenidas en todos los trabajos realizados en la Auditoría Energética. Las propuestas de actuación que son elaboradas atienden al fin último de reducir el consumo de energía y las emisiones de CO₂, consiguiendo una mayor eficiencia energética de la factoría.



5.4.1.1 Suministros energéticos

El objetivo principal de las mejoras de ahorro y eficiencia energética es adquirir la energía en las mejores condiciones de precio y calidad de suministro, asegurando que el contrato con las compañías suministradoras sea óptimo para la empresa. En este sentido, habrán de evaluarse, entre otros, los siguientes aspectos:

- Modificaciones en la reglamentación, legislación y tarifas, realizando un análisis de sus posibles efectos.
- Variaciones tecnológicas en los equipos o procesos productivos.
- Calidad y fiabilidad del suministro.
- Flexibilidad de los contratos.
- Posibilidad de introducir fuentes de suministro alternativas.

La estructura del aprovisionamiento energético, como se menciona en el análisis energético de los suministros energéticos, vendrá condicionada tanto por factores internos como por factores externos a la empresa

Factores externos a la empresa	Factores internos a la empresa
Disponibilidad del combustible	Estructura de consumo de la empresa
Precio	Viabilidad técnica del cambio de equipos
Costes de preparación y mantenimiento	Espacio disponible en la empresa
Calidad	Utilización de energías alternativas
Fiabilidad del suministro	Sustitución de fuentes de energía por otras convencionales
Poder calorífico	Implantación de nuevas tecnologías
Ubicación geográfica y vías de acceso	
Aspectos medioambientales	



Ejemplos de mejoras de ahorro y eficiencia energética en suministro energéticos

MAEE 1. optimización de la potencia contratada

Objetivos:

Evitar el exceso de potencia contratada ya que la contratación de una potencia excesiva implicaría el pago por una parte de potencia que no se utiliza.

Acciones:

Esta medida consiste en el cambio de la potencia contratada por otra optimizada a las necesidades reales mediante la extrapolación de las curvas cuartohorarias de consumos históricos observados

MAEE 2. Mejorar el factor de carga

Objetivos:

- Compensar la energía reactiva evitando el % de recargo por este concepto
- Reducir así el consumo de energía eléctrica reactiva de la red
- Aproximar el factor de carga a la unidad

Acciones:

- Instalar una batería de condensadores
- Dimensionar la batería a partir de las mediciones eléctricas realizadas para, reduciendo así el consumo de energía eléctrica reactiva de la red



5.4.1.2 Sistema Productivo

Producción

La programación y optimización de la producción es un área que ofrece un alto potencial en cuanto a la reducción de los consumos energéticos.

Equilibrar el ritmo productivo de la industria contribuye a mejorar los rendimientos energéticos de los procesos y, en definitiva, a racionalizar el uso de la energía. En este sentido, las medidas a destacar son las siguientes:

- Estudiar las causas que provocan saltos bruscos en la demanda de energía eléctrica y modificar las condiciones de operación para evitarlos.
- Emplear los equipos de mayor rendimiento a su máxima capacidad, y los de menor rendimiento sólo cuando sea necesario.
- Programar las operaciones de mantenimiento para los tiempos de parada de la instalación.
- Adquirir equipos de capacidad y tamaño óptimo con alto rendimiento energético.
- Utilizar el transporte por gravedad siempre que sea posible.
- Convertir operaciones discontinuas en continuas para evitar calores residuales.
- Programar las operaciones básicas discontinuas con el fin de minimizar el uso de la energía.
- No mantener en funcionamiento equipos de transporte o de calentamiento cuando no sea necesario.
- Emplear controles automáticos para evitar las crestas y valles en la demanda de energía.
- Variar los diseños de producción para reducir los consumos energéticos del proceso.



Hornos

Las mejoras energéticas que se lleven a cabo en los hornos deben intervenir sobre las **pérdidas**, actuando sobre las corrientes del horno en términos de caudal de producto, consumo de energía y costes de operación y mantenimiento, buscando la minimización de las pérdidas

Hornos de media – baja inversión

- Minimizar pérdidas en carga y descarga del horno
- Carga optima del horno
- Mantenimiento de temperatura optima de operación
- Control de la combustión
- Selección correcta de quemadores
- Mejora de la distribución del calor (de combustión indirecta a directa)

Hornos de alta inversión

- Sustitución del tipo de combustible
- Recuperación del calor residual de los gases
- Precalentamiento del aire de combustión con los gases de salida
 - Quemadores autorecuperativos
 - Quemadores regenerativos
 - Recuperación de energía residual de la carga
- Reducción de pérdidas por la envolvente
- Reducción de infiltraciones de aire a través de aperturas
- Sustitución de un horno por otro de mayor rendimiento
- Precalentamiento de la carga con energía residual de gases de salida



Secaderos

Un buen control de la energía es crucial para operaciones térmicas como el secado, que son grandes consumidores de energía. Cualquier medida adoptada debe incidir los flujos energéticos de salida del secadero, de manera que las minimice siempre que no se pierda eficiencia de secado, con lo que se obtendrá una mejora en el rendimiento del secadero.

Secaderos de media-baja inversión

- Aumentar el contenido de vahos del producto
- Mantenimiento de temperatura óptima de operación
- Carga optima
- Control de la combustión
- Minimización de pérdidas por paredes

Secaderos de alta inversión

- Incrementar la temperatura de entrada de la carga
- Recuperación del calor residual de los gases
 - Recuperación de calor con equipos de intercambio
 - Recuperación de calor por recirculación parcial
- Aprovechamiento de humos de calderas en secaderos
- Pasar de calentamiento indirectos a directos
- Sustitución del secadero por uno de mayor rendimiento
- Eliminación mecánica del agua
- Recuperación del calor residual del producto
- Sustitución del combustible del secadero
- Maximizar la riqueza en vapor de los gases

Ejemplos de mejoras de ahorro y eficiencia energética en el Sistema Productivo

MAEE 3. Crear almacenes pulmón en equipos con elevado consumo

Objetivos:

- Absorber las variaciones que existan en la línea de montaje
- concentrar la producción en los equipos de gran consumo
- trabajar siempre al máxima capacidad
- reducir el consumo unitario.

Acciones:

- Introducir pequeños almacenes denominado pulmón antes y después de los grandes consumidores

Ejemplo de almacén pulmón aéreo en una cadena de montaje de lavadoras



MAEE 4. Determinar el tiempo optimo de parada

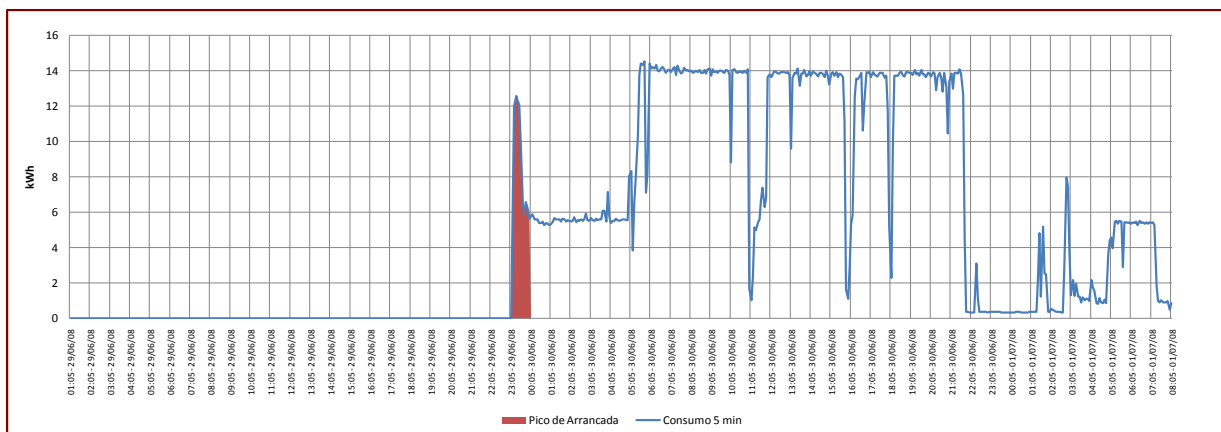
Objetivos:

- Disminuir el consumo no productivo del equipo
- mejorar los consumos unitarios
- Establecer de un tiempo mínimo a partir del cual el consumo estacionario y el consumo de pico de arrancada se compensan,
- Aumentar la eficiencia energética apagando el equipo en vez de mantenerlo encendido.

Acciones:

- Determinar el tiempo optimo de parada,
- comparar las mediciones de consumo estacionario frente a las mediciones del pico de arrancada del equipo, también se tendrá que valorar el trabajo preparatorio que se necesite a la hora de arrancar el equipo

Ejemplo curva de consumo donde se observa un pico de arrancada de la inyectora 2



MAEE 5. Reducir las pérdidas de la envolvente en elementos del sistema productivo con necesidades de calor y frio

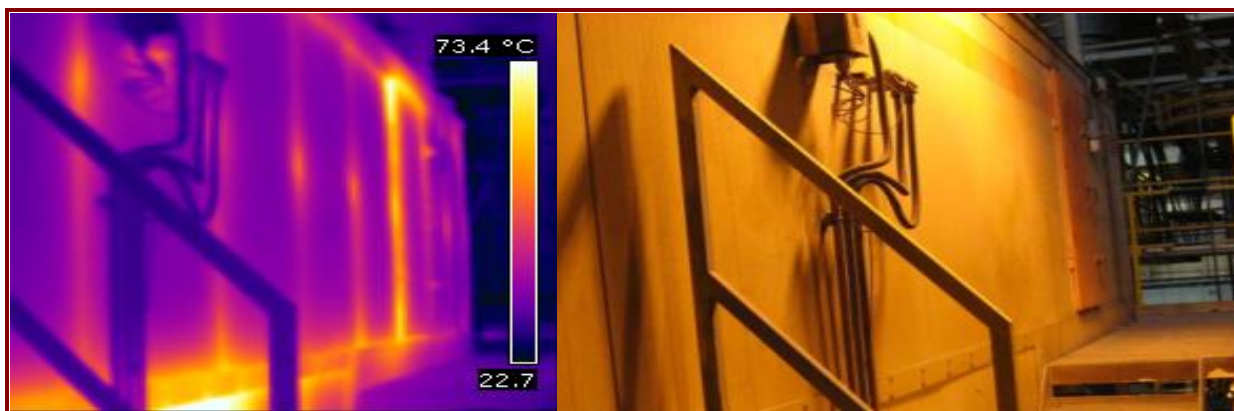
Objetivos:

- Reducir pérdidas a través de las paredes (hasta 40% PCI combustible).

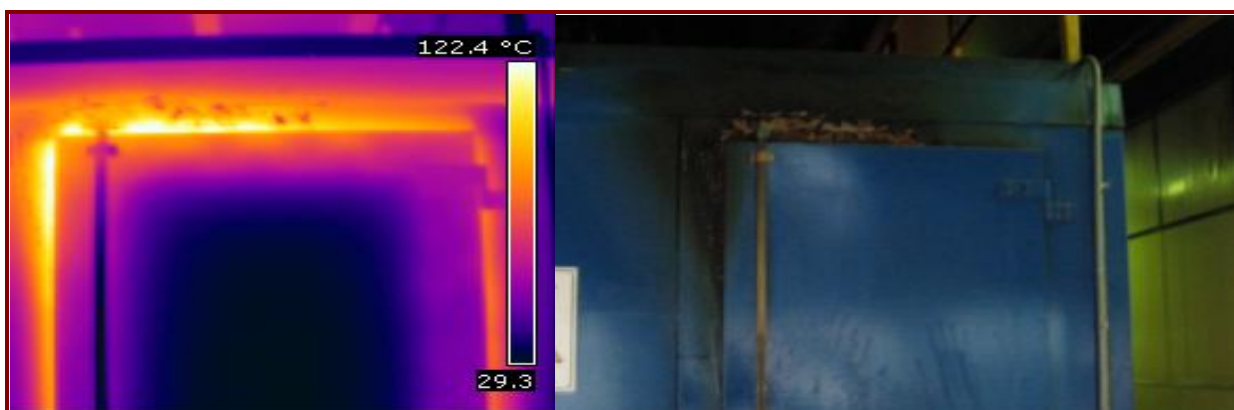
Acciones:

- Verificar estado aislamiento y refractario (visual, termografía, etc)
- Instalar, reparar o aumentar el espesor del aislamiento.
- Elegir el aislamiento adecuado.
- Reparar refractario en caso necesario.
- Realizar un programa de mantenimiento.

Termografía pared de horno de secado de pintura



Termografía puerta de horno eléctrico



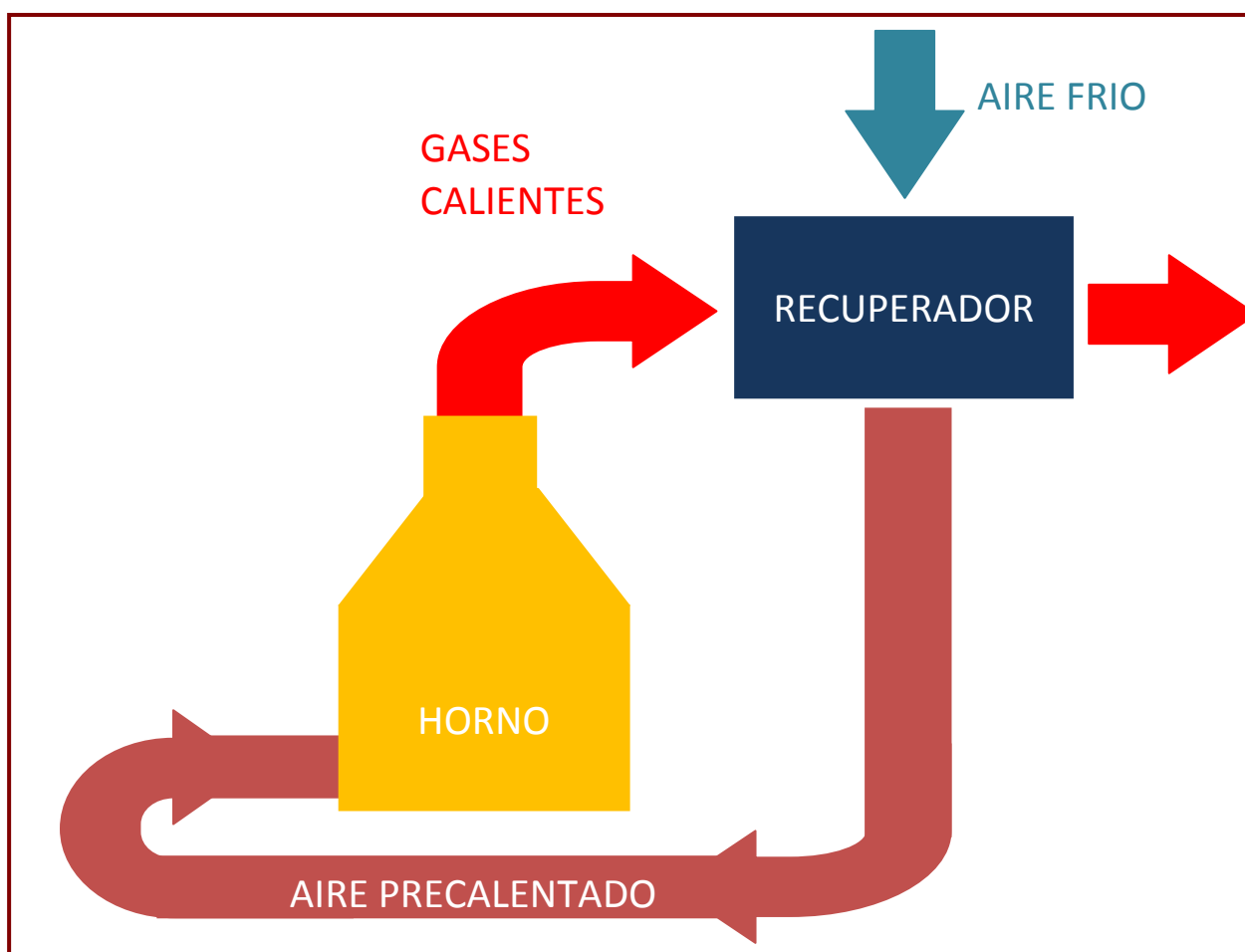
MAEE 6. Precalentamiento aire combustión

Objetivos:

- Reducir pérdidas en humos aprovechando el calor residual.
- Precalentar el aire de combustión.
- Reducir el consumo de combustible.

Acciones:

- Instalar recuperador adecuado.
- Mantenimiento equipo para mantener eficiencia.





MAEE 7. Sustitución de los quemadores por quemadores regenerativos

Objetivos:

- Reducir pérdidas en humos aprovechando el calor residual.
- Precalentar el aire de combustión.
- Reducir el consumo de combustible.

Acciones:

Sustituir los quemadores actuales por quemadores regenerativos

Este sistema está configurado por un par de quemadores que llevan incorporados un lecho cerámico y que funcionan de forma alternativa:

- Se produce la combustión en el quemador nº1: los humos generados son “captados” por la tobera del quemador nº2 (que está apagado) y pasan por su correspondiente lecho cerámico, el cual retiene parte del calor contenido en dichos humos, antes de que éstos salgan por la chimenea.
- Se invierte el sentido de funcionamiento: el quemador nº1 actuará como elemento “receptor” de los humos, es decir, estará apagado; y el quemador nº2, cuyo lecho cerámico está caliente, entrará en funcionamiento.
- Para iniciarse la combustión en este quemador (nº2), el aire debe atravesar el lecho cerámico caliente, el cual le cede su calor: de esta forma, antes de su paso por el quemador, el aire es precalentado.
- Los humos generados en el quemador nº2 son “captados” por el quemador nº1 y su calor es absorbido por su lecho cerámico que precalentará el aire de combustión cuando se invierta el sentido de funcionamiento.

Y así sucesivamente



5.4.1.3 Tecnologías horizontales

5.4.1.3.1 Iluminación

Las mejoras de ahorro y eficiencia energética en la iluminación irán encaminadas a:

En general:

- Aprovechar la luz natural
- Sensibilizar al personal
- Limpiar fuentes de luz y luminarias
- Campañas a clientes

Instalación de equipos de limitación de funcionamiento

- Temporizadores
- Limitadores de luz
- Interruptores horarios
- Detectores de movimiento
- Interruptores de tarjeta
- Reguladores de luz

Alumbrado exterior

- Sustituir vapor de mercurio por vapor de sodio a alta presión (sodio blanco)
- Sustituir incandescencia, halógenos y mezcla por halogenuros metálicos
- Evitar fluorescencia

Alumbrado interior

- Zonas nobles, habitaciones y pasillos: sustituir incandescencia por LBC
- Almacenes, zonas de servicio y baños: usar fluorescentes



Ejemplos de mejoras de ahorro y eficiencia energética en iluminación

MAEE 8. Instalación de balastos electrónicos en las lámparas de fluorescencia

Objetivos:

- Alimentar los tubos fluorescentes a una frecuencia de 30 kHz,
- Mejorar el rendimiento lumínico de la lámpara,
- Reducir su consumo,
- Eliminar el parpadeo y el efecto estroboscópico y
- Alargar su vida útil.

Acciones:

- Instalación de balastos electrónicos para cebar los tubos fluorescentes

MAEE 9. Instalación de reguladores de flujo en el alumbrado exterior

Objetivos:

- Reducir el consumo un 40 %
- Mantener el nivel de iluminación por encima del mínimo necesario y permitido.

Acciones:

- Instalación de reguladores de flujo



5.4.1.3.2 Generación y distribución de calor industrial

Las mejoras de ahorro y eficiencia energética en la generación y distribución de calor Industrial irán encaminadas a:

Calderas

- La limpieza periódica de la caldera
- La optimización de carga de la caldera
- El cambio de combustible
- El precalentamiento del aire de combustión con los gases de salida
- La instalación de un economizador de agua en calderas
- La recuperación de condensados
- La minimización del caudal de purgas
- La recuperación del calor de purgas de la caldera
- El control de la combustión

Red de transporte

- La recuperación de revaporizado
- La recuperación de condensado a presión
- La recuperación de condensado a presión atmosférica
- La recuperación de condensado contaminado
- La disminución de fugas de vapor
 - Fugas en tuberías
 - Fugas en purgadores
- Calorifugar tuberías y accesorios
- La recompresión del vapor



Ejemplos de mejoras de ahorro y eficiencia energética en generación y distribución de calor

MAEE 10. Limpieza periódica

Objetivos:

- Reducir ensuciamiento de superficies
- Aumentar transferencia de calor: aumentar eficiencia, reducir consumo de combustible y aumentar ciclo de vida del equipo
- Se manifiesta con aumentos en T superficies y de gases

Acciones:

- Prevenir formación de depósitos: pretratamiento agua alimentación y purga agua caldera
- Limpieza mecánica (inyección de vapor) y química

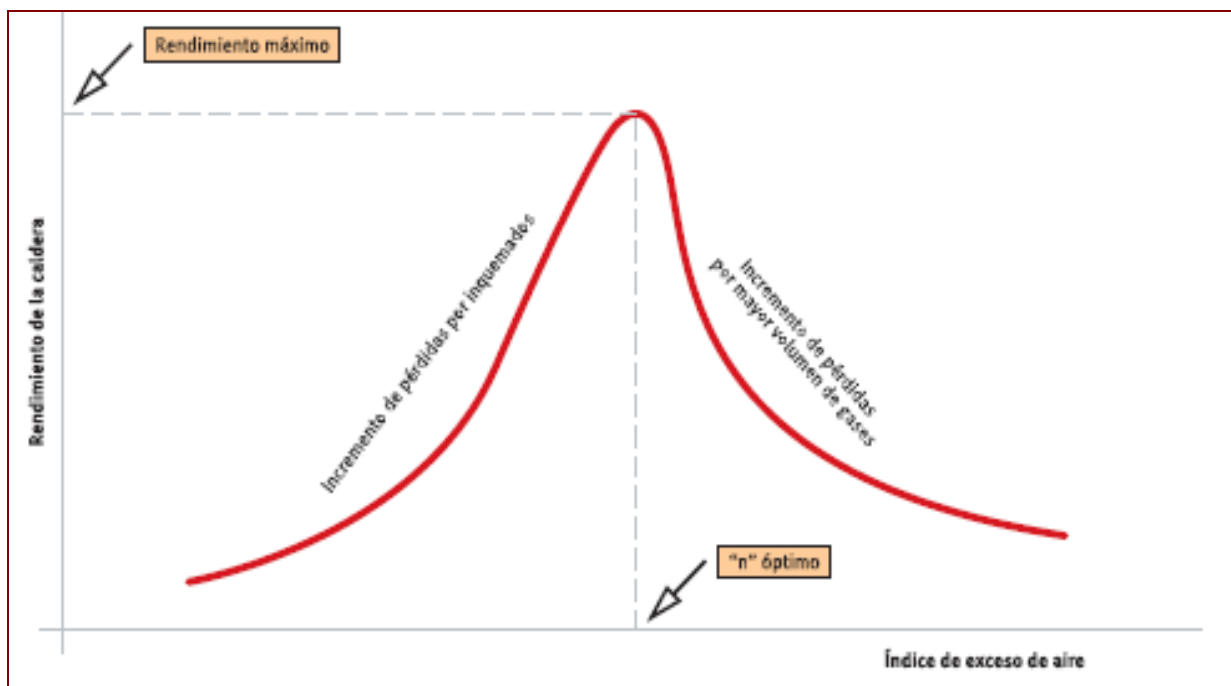
MAEE 11. Optimización de la combustión mediante su regulación automática

Objetivos:

- Controlar la combustión de forma automática
- Evitar el exceso de aire de la combustión
- Evitar la aparición de inquemados

Generalmente, la regulación del exceso de aire de combustión de los generadores de vapor se realiza manualmente, sobre la base de mediciones instrumentales diarias, lo que implica un gasto innecesario de energía térmica.

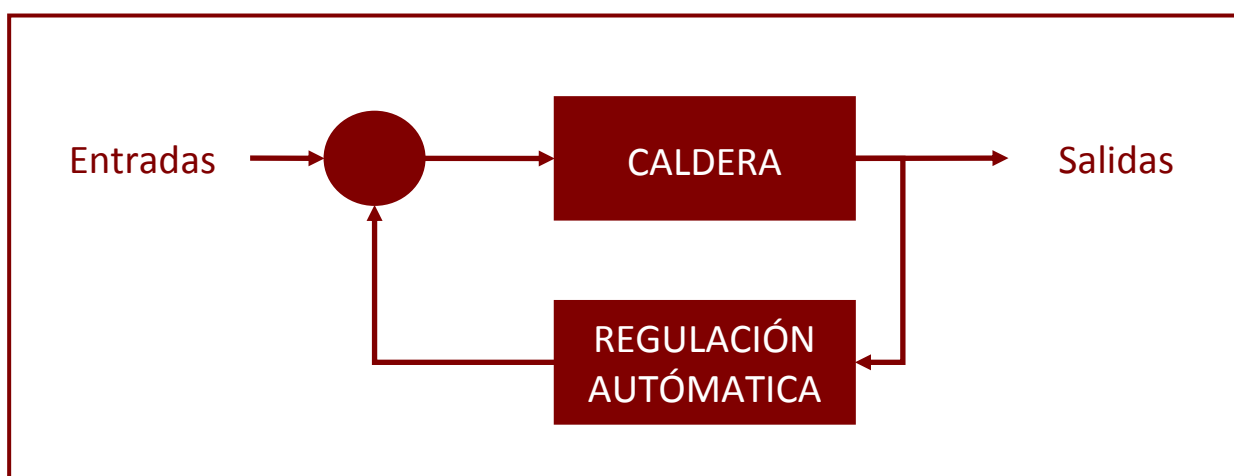
Para evitar esta situación, se debe regular la cantidad de aire de combustión de forma que sea la mínima posible, pero asegurando al mismo tiempo que no se produzcan inquemados (CO y H₂), y mantener ambas condiciones para cualquier carga de los generadores.



Acciones:

- Automatizar el aporte de aire

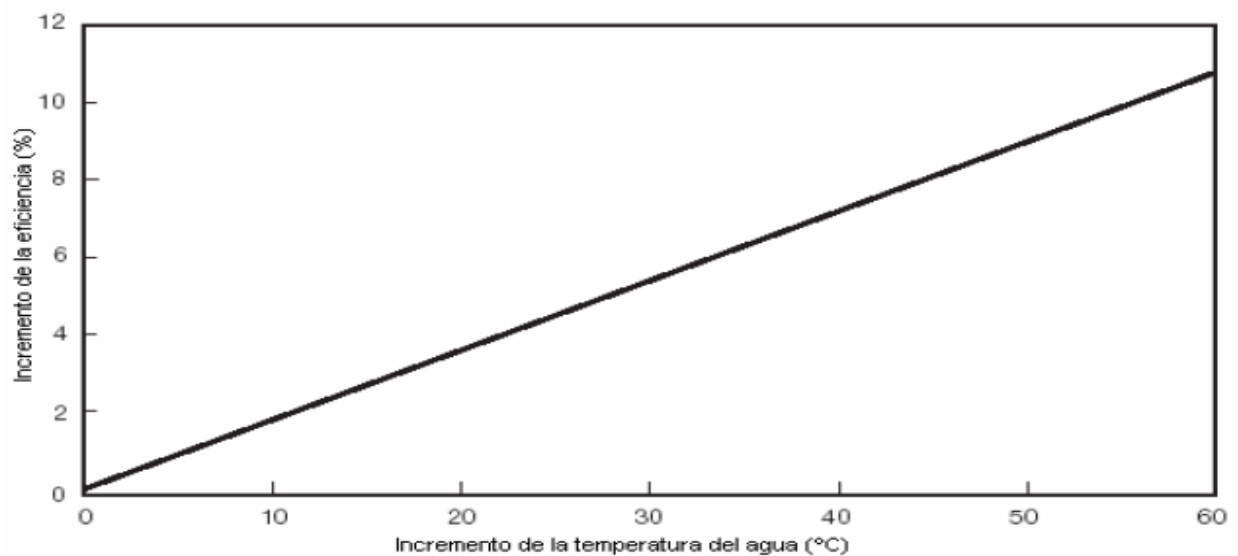
Mediante un equipo que utilice sensores de medida y transductores electrónicos que envíen la señal a un microprocesador. A partir de los datos recibidos, se corrige la posición de la compuerta para regular el exceso de aire, así como el resto de parámetros en la combustión.



MAEE 12. Instalación de un economizador

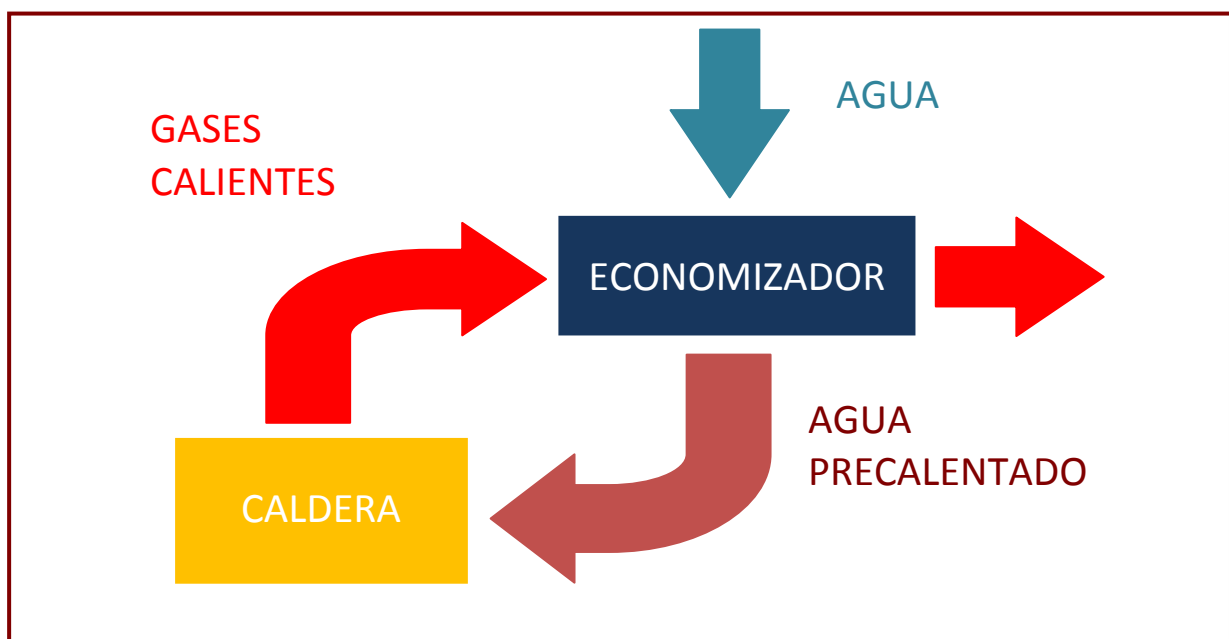
Objetivos:

- Calentar el agua de alimentación aprovechando la energía sensible de los humos
- Por cada grado que aumenta T_{agua} , hay una caída de 4°C en T_{gases}
- Cada 6°C de aumento de T_{agua} , se consigue un 1% de ahorro de cble



Acciones:

- Instalar economizador





MAEE 13. Instalación de turbuladores

Objetivos:

- Aumentar el rendimiento en calderas pirotubulares.
- Disminuir la temperatura de salida de los gases en calderas pirotubulares.

Acciones:

Consiste en la introducción de láminas de acero enrolladas helicoidalmente en los tubos de humos, con el fin de aumentar la turbulencia y con ello la transferencia de calor.

Su instalación supone una pérdida de carga importante en los gases de combustión, razón por la que, en ocasiones, su uso se ve limitado. Si esta limitación no se ha tenido en cuenta, se producirán deposiciones de hollines en las superficies de transferencia como consecuencia de la disminución de tiro en el hogar, lo que anulará el beneficio perseguido con su instalación.

MAEE 14. Calorifugado tuberías y accesorios

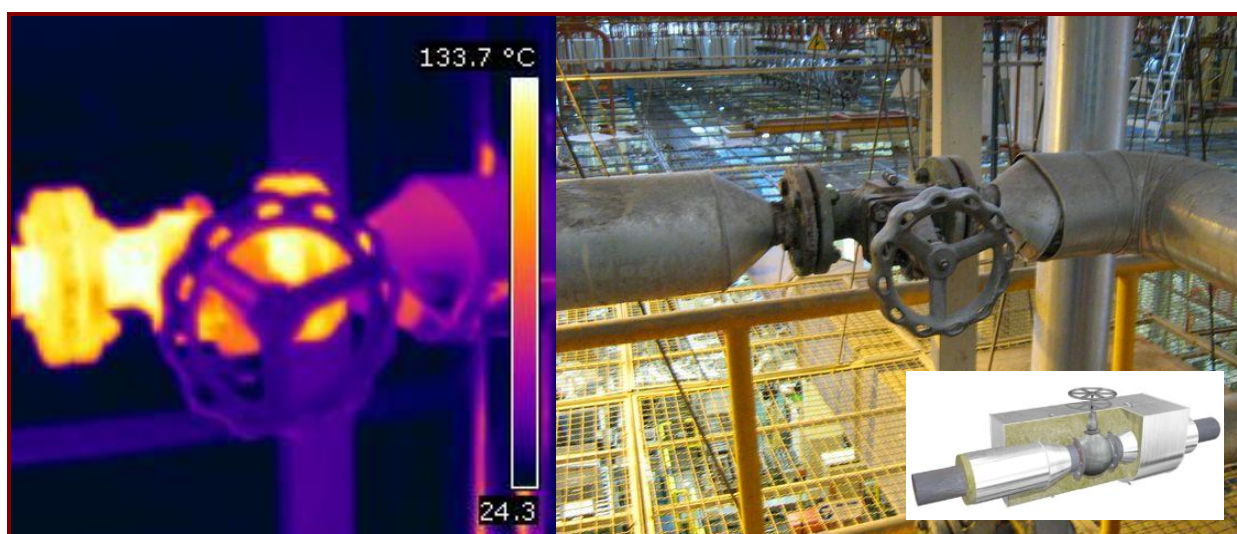
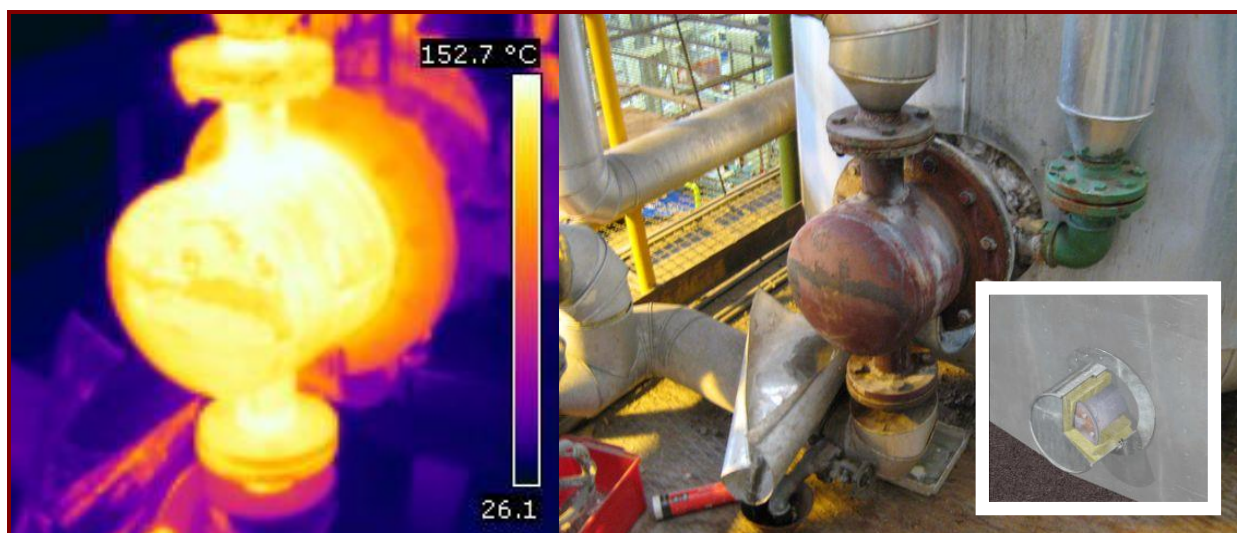
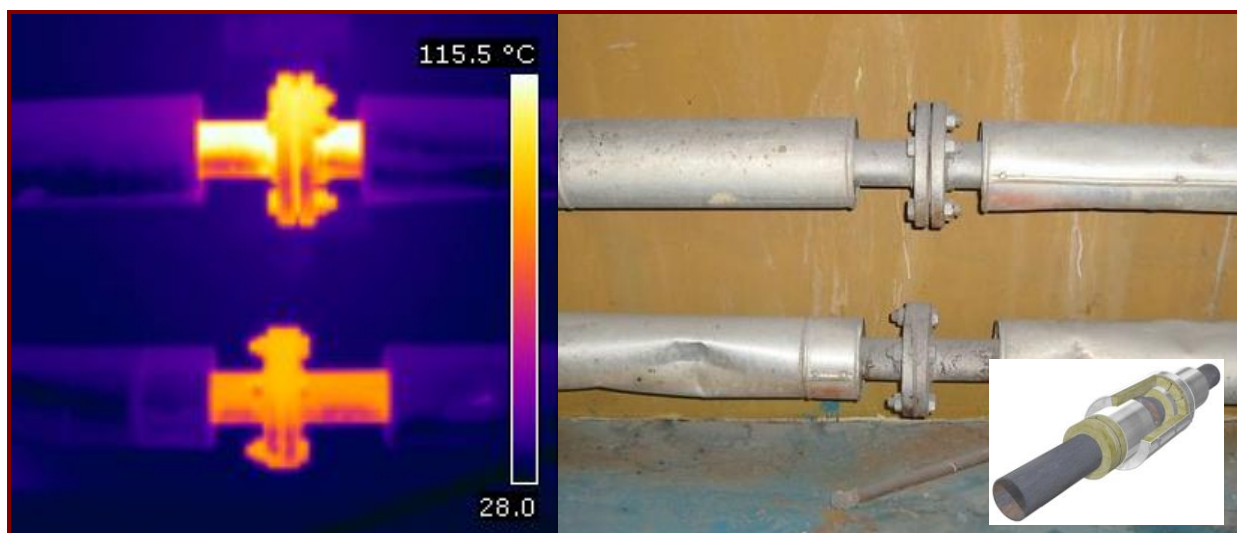
Objetivos:

- Reducir perdidas de calor al ambiente (hasta un 90%)
- Minimizar consumo de combustible

Acciones:

- Calorifugar superficies con $T > 50^{\circ}\text{C}$
- Evitar deterioro y absorción de humedad en aislamiento

Ejemplos de calorifugado de válvulas



MAEE 15. Recuperación de revaporizado

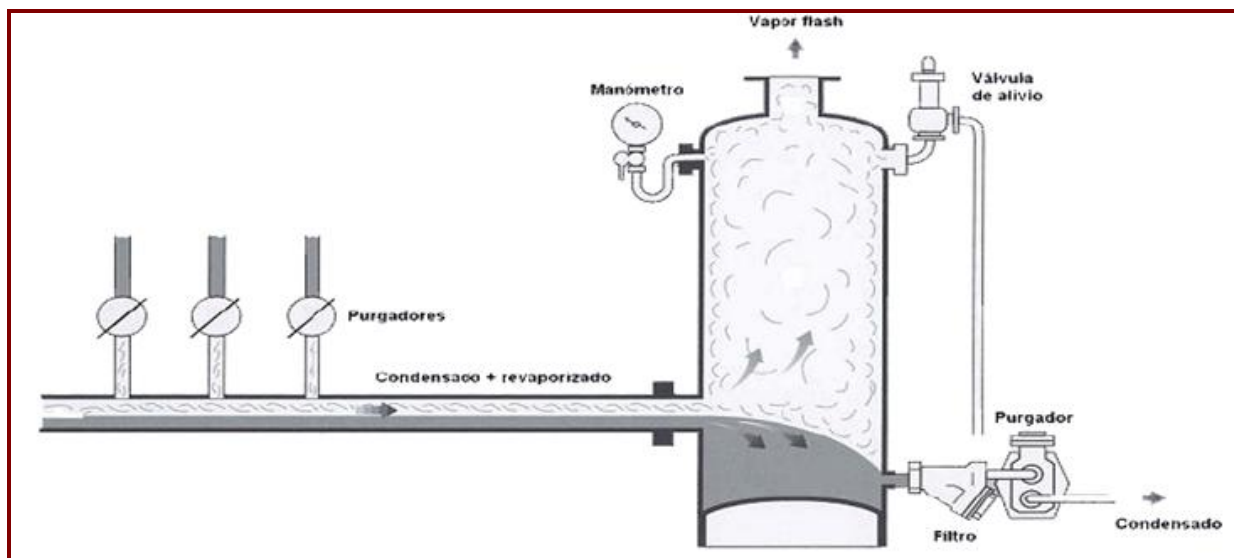
Objetivos:

- Aprovechar el calor existente en el revaporizado
- Minimizar consumo de combustible
- Es necesario demanda de vapor a P inferior a la de generación

Acciones:

- Instalar depositos flash
- Si no puede utilizarse en el proceso, introducirlo en el deposito de alimentacion a la caldera para precalentar el agua o desgasificar

Deposito flash



Condensado contiene entre 3-15% de la energía del vapor del que procede

Revaporizado posee entre el 10-40% de la energía contenida en el condensado

No aprovecharlo supone una pérdida de energía de hasta el 15%

MAEE 16. Recuperación de condensado

Objetivos:

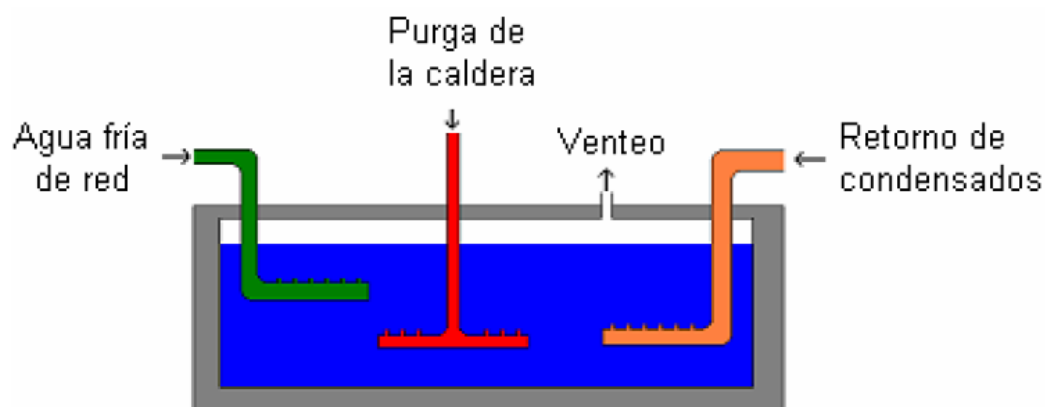
- Aprovechar el calor existente en el condensado
- Minimizar consumo de combustible
- Recuperar corriente de elevada pureza química
- Reducción de agua alimentación y pretratamientos asociados

Acciones:

- Recuperar condensado a presión atmosférica
- Recuperar condensado contaminado
- Recuperar condensado a presión

Recuperar condensado a presión atmosférica

- Cuando no es posible recuperarlo a presión
- Energía del condensado $\approx 15\%$ energía del vapor original
- Condensado a presión atmosférica
- Red de tuberías al depósito de alimentación: precalentamiento
- Aprovechamiento del revaporizado





5.4.1.3.3 Generación y distribución de frio Industrial

Las mejoras de ahorro y eficiencia energética en la generación y distribución de frio Industrial irán encaminadas a:

Grupos de frio

- La sustitución del sistema de refrigeración por otro de mayor rendimiento
- La disminución de la temperatura de condensación
- El aumento de la temperatura de evaporación
- La introducción de variadores de frecuencia en compresores bombas y ventiladores
- La recuperación de calor
- El subenfriamiento del refrigerante liquido
- Minimizar el recalentamiento del vapor
- instalar un sensor de desescarche por demanda

Red de distribución

- Calorifugar las tuberías
- La introducción de variadores de frecuencia en compresores bombas



Ejemplos de mejoras de ahorro y eficiencia energética en generación y distribución de frío

MAEE 17. optimización del encendido - apagado de las distintas etapas y/o compresores

Objetivos:

- Reducción en un 15%-25% del consumo de electricidad en los sistemas de refrigeración
- Reducción en un 15%-25% de las emisiones de CO₂ a la atmósfera (debido a la disminución del consumo eléctrico)

Acciones:

- Instalación de un equipo de control que optimiza el encendido y apagado de las distintas etapas y/o compresores

Se trata de un equipo de control que optimiza el encendido y apagado de las distintas etapas y/o compresores, alterando las temperaturas de arranque y parada de los mismos. El módulo optimizador ajusta el arranque y la parada del compresor de tal modo que la planta satisfaga la carga de refrigeración funcionando con temperaturas de evaporación más elevadas que el control original.

El ahorro de energía proviene del hecho de que, funcionando con temperatura de evaporación más elevada, el ciclo termodinámico tiene un COP mejor. Esto es, la planta de frío consumirá menos electricidad por cada unidad de frío producida.

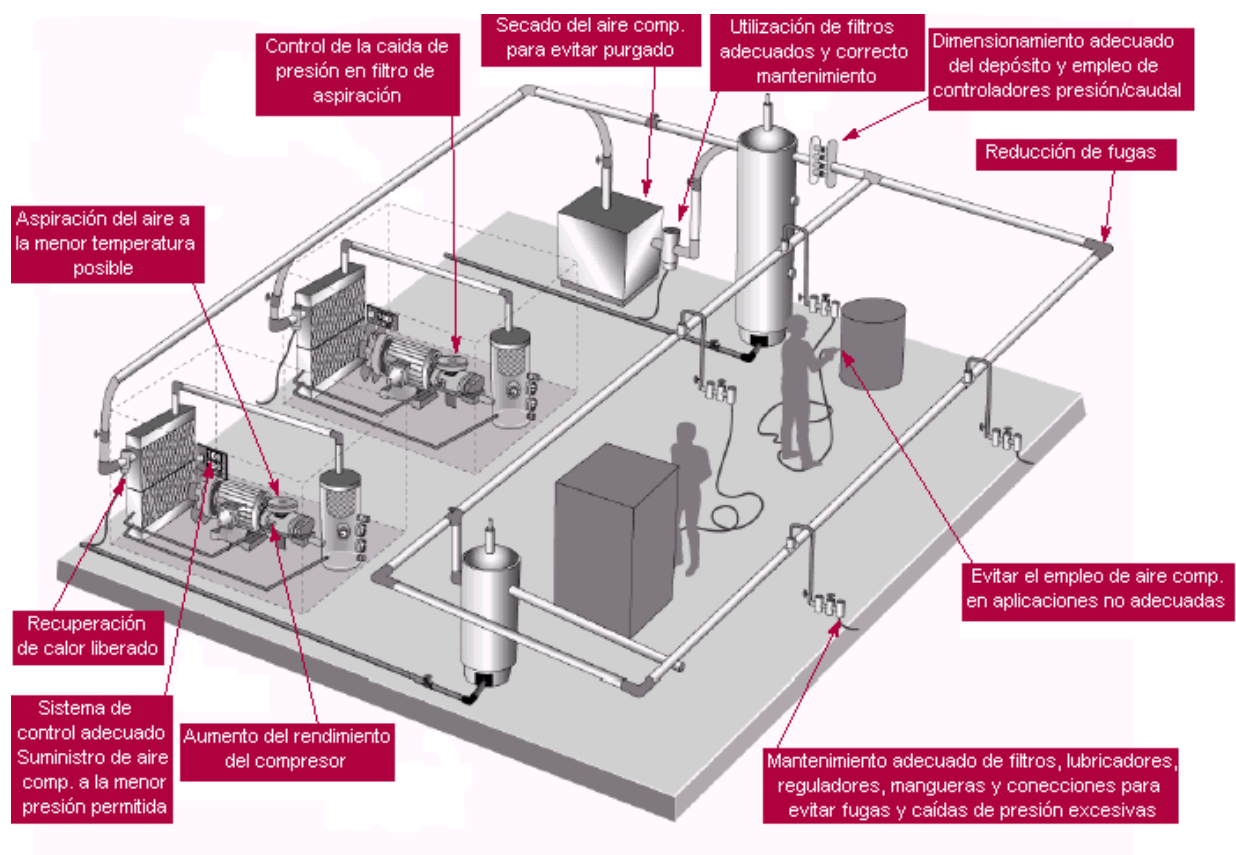
Consiste en un controlador de red y unos interfaces en red local:

- Un controlador de red: que controla las funciones de encendido y de comunicación de la red local y permite gestionar un máximo de ocho compresores conectados en paralelo o más de ocho ciclos de refrigeración independientes
- Unos interfaces: que se conectan en serie con el circuito de control de refrigeración o aire acondicionado para controlar directamente el funcionamiento del compresor

5.4.1.3.4 Generación y distribución de Aire Comprimido

Las mejoras de ahorro y eficiencia energética en la generación y distribución de aire comprimido irán encaminadas a:

- Reducción de la presión de aire al mínimo permitido
- Instalar secadores eficientes en redes para evitar purgas
- Introducción de variadores de frecuencia en compresores
- Alimentación del aire a la menor temperatura posible
- Recuperación de energía en compresores
- Compresores de aire tipo modulante
- Reducción de fugas en las redes





Ejemplos de mejoras de ahorro y eficiencia energética en generación y distribución de aire comprimido

MAEE 18. Reparar las fugas en las líneas de aire comprimido

Objetivos:

- Evitar la perdidas de aire comprimido
- Evitar el funcionamiento de los compresores para mantener estas perdidas

Esta medida consiste en la eliminación o reparación de todas las fugas de aire que se encuentren

MAEE 19. Introducir aire del exterior de la planta en los compresores

Objetivos:

- Disminuir la temperatura de admisión del aire
- Aumentar el rendimiento de los compresores

Acciones:

- Instalar un conducto desde la admisión de los compresores al exterior



5.4.2 Análisis de la viabilidad económica

5.4.2.1 Análisis Económico a nivel básico

A este nivel de análisis, los parámetros de evaluación no tienen en cuenta el valor del dinero a lo largo del tiempo.

Tiempo de retorno o periodo de amortización

Este criterio, definido como el cociente entre la inversión y el ahorro total, puede utilizarse como primera aproximación para el cálculo de la rentabilidad de la inversión, determinando si ésta se recuperará en un plazo razonable.

No es posible fijar un periodo de amortización por encima del cual la inversión no sea viable, puesto que éste depende en gran medida de la situación económica de la empresa y de la naturaleza del proyecto. A título orientativo puede decirse que si el periodo de retorno supera la mitad de la vida útil de la mejora la inversión no es rentable.

Tasa de retorno de la inversión (TRI)

$$TRI := \frac{\text{Ahorro_anual} - \text{Depreciación}}{\text{Inversión}} \cdot 100$$

El TRI tiene en cuenta la vida útil estimada de la mejora a través de la depreciación considerada como lineal a este nivel de detalle– lo que permite establecer comparaciones con alternativas de inversión de distinta vida útil.

Como referencia puede decirse que valores del TRI inferiores al 10% desaconsejan una inversión.

5.4.2.2 Análisis económico en profundidad

Los criterios propuestos tienen en cuenta el valor del dinero a lo largo del tiempo pero obvian, por simplicidad, las fluctuaciones en los precios de los combustibles, la inflación y los impuestos. El nivel de análisis necesario para contemplar estos aspectos queda fuera del propósito del presente documento.

Se denotará por k al tipo de interés de una inversión sin riesgo. Suele tomarse como referencia el tipo de interés de los Bonos u Obligaciones del Estado al mismo plazo que la vida útil de la mejora.

Valor actualizado neto (VAN)

Se llama valor actual neto de una cantidad S a percibir al cabo de n años con una tasa de interés k , a la cantidad que, si se dispusiera de ella hoy, generaría al cabo de n años la cantidad S .

Este criterio considera los flujos netos generados por la medida implantada durante su vida útil (n) y traslada su valor al momento actual utilizando k como tasa de descuento.

Para cada periodo –normalmente un año– se calculará el flujo neto como la diferencia entre los ahorros energéticos y los costes directos e indirectos asociados a la inversión.

$$VAN := \sum_{i=0}^n \frac{\text{Flujo_neto}}{\left(1 + \frac{k}{100}\right)^i}$$

Una inversión es atractiva si su VAN es positivo, y tanto más cuanto mayor sea éste.



Tasa interna de retorno (TIR)

El TIR es el valor del parámetro r para el cual el VAN de los flujos generados por el proyecto durante su vida útil iguala el valor de la inversión inicial realizada (I_0).

$$I_0 := \sum_{i=0}^n \frac{\text{Flujo_neto}}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^i}$$

Otros aspectos a considerar

- Riesgo inherente a cualquier proyecto de inversión.
- Situación de los mercados crediticios.
- Aseguramiento de la inversión.

Financiación fuera de balance

Se trata de una variante de la financiación tradicional en la cual se analiza la rentabilidad del proyecto y, en función de ésta, la entidad financiera asume el riesgo de la inversión. Los resultados netos de la inversión se dedican preferentemente al pago del préstamo.

Aquí la garantía de la financiación viene dada por la propia inversión, en este caso los ahorros energéticos.

Este tipo de financiación no permite periodos de retorno superiores a siete años, y el tipo de interés es ligeramente superior a los préstamos normales como prima de riesgo a la inversión. Su gran ventaja es el tratamiento como operación fuera de balance, lo que permite que las empresas no vean comprometidos sus ratios de solvencia, al no contar como pasivo el importe de la financiación.



Financiación por terceros

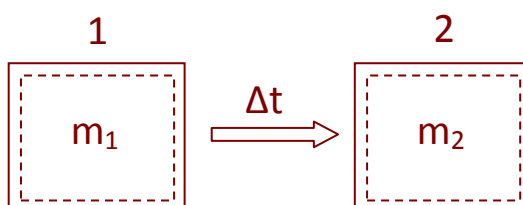
Cuando la empresa no tiene capacidad para llevar a cabo una inversión, puede aceptar que una tercera empresa se haga cargo de ella. En este caso, el tercero realiza la inversión a cambio de recuperarla, bien a través de los ingresos o ahorros que se conseguirán con la puesta en marcha de la misma, bien mediante el pago de una cantidad fija (leasing o renting).

La empresa y el tercero pactan un reparto de los ahorros y comparten así los beneficios de la inversión.

APENDICE I Repaso de termodinámica

AI.1 Balances termodinámicos en un sistema cerrado

AI.1.1 Balance de masa



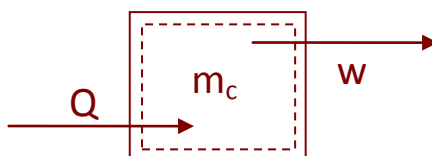
m_1 = Masa en estado 1

m_2 = Masa en estado 2

$$\frac{dm_c}{dt} := 0$$

$$m_1 = m_2 = m_c$$

AI.1.2 Balance de energía

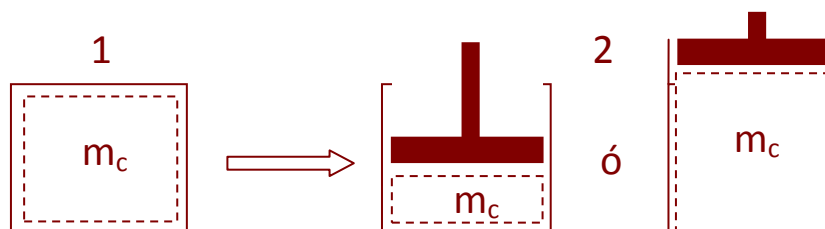


m_c = Masa de Control

Q = Calor intercambiado si $Q > 0$ el sistema gana calor

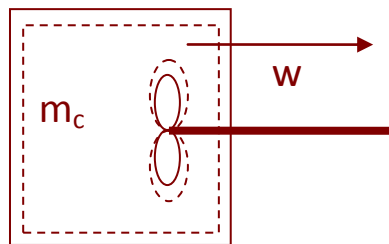
W = Trabajo si $W > 0$ el trabajo se realiza desde el sistema hacia el exterior

- Expansión/Compresión



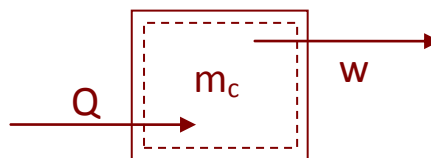
$$W_{12} := - \int_1^2 p \, dv$$

- Eje



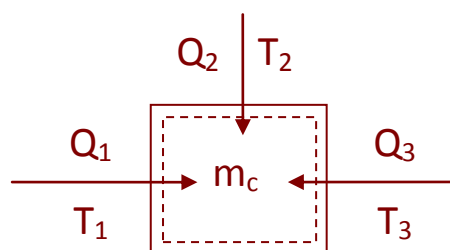
$$E = \text{Energía interna} + \text{Energía cinética} + \text{Energía potencial} = U + \frac{1}{2} m_c^2 + mgz$$

Ecuación de balance de energía para un sistema cerrado



$$\frac{dE_{mc}}{dt} := \dot{Q} - \dot{W}_{\text{eje}} - \dot{W}_{\text{ec}} \quad [\text{W}]$$

AI.1.3 Balance de entropía



Q_i = Calor i aportado a la T_i

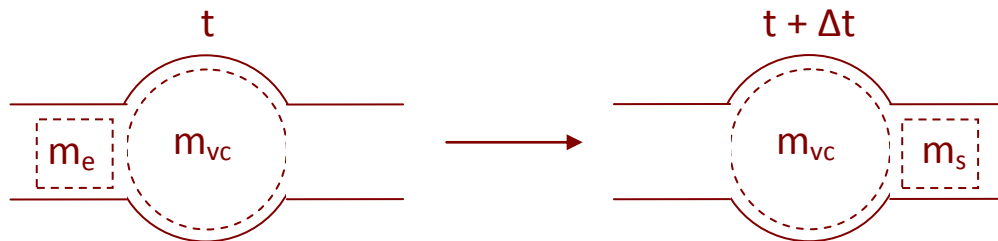
T_i = Temperatura a la que se cede el calor Q_i

σ = generación de entropía si $\sigma > 0$ sistema irreversible $\sigma = 0$ sistema reversible

$$\frac{dS_{mc}}{dt} := \sum_i \frac{\dot{Q}_i}{T_i} + \dot{\sigma} \quad [\text{W/K}]$$

AI.2 Balances termodinámicos en un sistema abierto

AI.2.1 Balance de masa



Masa de control en el tiempo $t \rightarrow m_{mc}(t) = m_e(t) + m_{vc}(t)$

Masa de control en el tiempo $t + \Delta t \rightarrow m_{mc}(t + \Delta t) = m_{vc}(t + \Delta t) + m_s(t + \Delta t)$

Si $m_{mc}(t) = m_{mc}(t + \Delta t) \rightarrow \frac{m_{vc}(t + \Delta t) - m_{vc}(t)}{\Delta t} = \frac{m_e(t)}{\Delta t} - \frac{m_s(t + \Delta t)}{\Delta t}$ si $\Delta t \rightarrow 0$

$$\frac{dm_{vc}}{dt} := \dot{m}_e - \dot{m}_s \quad [\text{kg/s}]$$

AI.2.2 Balance de energía

Entalpia = $H = U + PV$ [J] \rightarrow Entalpia especifica $h = H/m = u + P/\rho$

$$\frac{dE_{vc}}{dt} := \dot{Q} - \dot{W}_{eje} - P \cdot \frac{dV_{vc}}{dt} + \dot{m}_e \left(h_e + \frac{1}{2} c_e^2 + g z_e \right) - \dot{m}_s \left(h_s + \frac{1}{2} c_s^2 + g z_s \right) \quad [\text{W}]$$

AI.2.2 Balance de entropía

$$\frac{dS_{vc}}{dt} := \sum_i \frac{\dot{Q}_i}{T_i} + \dot{m}_e \cdot s_e - \dot{m}_s \cdot s_s + \dot{\sigma}_{vc} \quad [\text{W/s}]$$

σ = generación de entropía si $\sigma > 0$ sistema irreversible $\sigma = 0$ sistema reversible

AI.3 Modelo de sustancias

AI.3.1 Gas ideal

- Ecuación de estado: $PV=nRT \rightarrow Pv= RgT$ donde $v = V/m$ y $Rg = R/PMg$
- Energía interna específica: $u=u(t)$
- Entalpia específica: $h = u +pv = u(t) + RgT$
- Capacidad calorífica $v=cte$: $c_v = (\partial u/\partial t)_v = \partial u/\partial t = c_v(t)$
- Capacidad calorífica $p=cte$: $C_p = (\partial h/\partial t)_p = \partial(u+RgT)/\partial t = C_v(t) + Rg = C_p(t)$

$$C_p := C_v + Rg$$

- Variación de energía interna

$$u_2 - u_1 := \int_1^2 C_v(t) dT$$

- Variación de la entalpia específica

$$h_2 - h_1 := \int_1^2 C_p dT = \int_1^2 C_v dT + Rg(T_2 - T_1)$$

- Variación de entropía $Tds = du + Pdv$

$$s_2 - s_1 := \int_1^2 \frac{C_v(T)}{T} dT + Rg \cdot \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right)$$

$$s_2 - s_1 := \int_1^2 \frac{C_p(T)}{T} dT - Rg \cdot \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$



Caso particular gas ideal caloríficamente perfecto

- Capacidad calorífica

$$C_v := C_p = \text{cte}$$

- Variación de energía interna

$$u_2 - u_1 := C_v [T_2 - T_1]$$

- Variación de la entalpía específica

$$h_2 - h_1 := C_p [T_2 - T_1]$$

- Variación de entropía

$$s_2 - s_1 := C_v \cdot \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) + R_g \cdot \ln \left(\frac{v_2}{v_1} \right)$$

$$s_2 - s_1 := C_p \cdot \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) - R_g \cdot \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$$

AI.3.2 Líquido incompresible

- Volumen específico $v = \text{cte}$
- Energía interna específica: $u = u(t)$
- Entalpía específica: $h = u + pv = u(t) + pv = h(t, p)$
- Capacidad calorífica $v = \text{cte}$: $C_v = (\partial u / \partial t)_v = \partial u / \partial t = C_v(t)$
- Capacidad calorífica $p = \text{cte}$: $C_p = (\partial h / \partial t)_p = \partial(u + pv) / \partial t = C_v(t) = C_p(t)$

$$C(t) := C_p(t) = C_v(t)$$

- Variación de energía interna

$$u_2 - u_1 := \int_1^2 C(t) \, dT$$

- Variación de la entalpía específica

$$h_2 - h_1 := \int_1^2 C \, dT + v(P_2 - P_1)$$

- Variación de entropía $Tds = du + Pd v$

$$s_2 - s_1 := \int_1^2 \frac{C(T)}{T} \, dT$$



Caso particular líquido incompresible caloríficamente perfecto

- Capacidad calorífica

$$C := \text{cte}$$

- Variación de energía interna

$$u_2 - u_1 := C (T_2 - T_1)$$

- Variación de la entalpía específica

$$h_2 - h_1 := C (T_2 - T_1) + v (P_2 - P_1)$$

- Variación de entropía

$$s_2 - s_1 := C \cdot \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$$

AI.4 Tipos de procesos

AI.4.1 Proceso isoterma $\rightarrow T = \text{cte}$

- Gas Ideal
 - Energía interna $u = \text{cte.}$
 - Entalpía específica $h = \text{cte.}$
 - Entropía s

$$s_2 - s_1 := Rg \cdot \ln \left(\frac{v_2}{v_1} \right) = -Rg \cdot \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$$

- Líquido incompresible
 - Energía interna $u = \text{cte.}$
 - Entalpía específica h

$$h_2 - h_1 := v \cdot (P_2 - P_1)$$

- Entropía $s = \text{cte}$

AI.4.2 Proceso Isoentrópicos $\rightarrow s = \text{cte.}$

- Gas Ideal

$$0 := \int_1^2 \frac{C_p(T)}{T} dT + Rg \cdot \ln \left(\frac{v_2}{v_1} \right)$$

$$0 := \int_1^2 \frac{C_p(T)}{T} dT - Rg \cdot \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$$

- Gas ideal caloríficamente perfecto

$$0 := C_p \cdot \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) + R_g \cdot \ln \left(\frac{v_2}{v_1} \right) \longrightarrow \frac{T_2}{T_1} := \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{(1-\gamma)}$$

$$0 := C_p \cdot \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) - R_g \cdot \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \longrightarrow \frac{T_2}{T_1} := \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\left(\frac{\gamma-1}{\gamma} \right)}$$

$$P v^{\gamma} = \text{cte} \quad \text{donde } \gamma = C_p/C_v$$

- Liquido incompresible

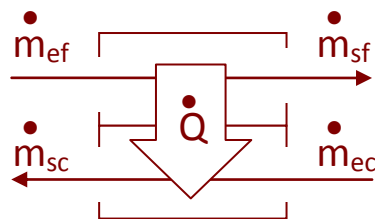
$$0 := \int_1^2 \frac{C_v}{T} dT$$

$$T = \text{cte.} \rightarrow u = \text{cte.}$$

AI.5 Ejemplos de aplicaciones

AI.5.1 Intercambiador de calor

AI.5.1.1 Sin mezcla



a. Fluido que se calienta

Balance de masa

$$\dot{m}_{sc} := \dot{m}_{ec}$$

Balance de energía $\rightarrow \Delta E_c$ y $\Delta E_p \approx 0$

$$\dot{Q} := \dot{m}_c |h_{sc} - h_{ec}|$$

b. Fluido que se enfría

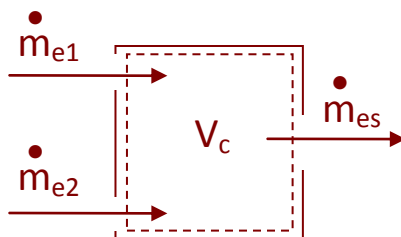
Balance de masa

$$\dot{m}_{ef} := \dot{m}_{sf}$$

Balance de energía $\rightarrow \Delta E_c$ y $\Delta E_p \approx 0$

$$\dot{Q} := \dot{m}_f |h_{ef} - h_{esf}|$$

AI.5.1.2 Mezcla



Balance de masa

$$\dot{m}_{e1} + \dot{m}_{e2} := \dot{m}_s$$

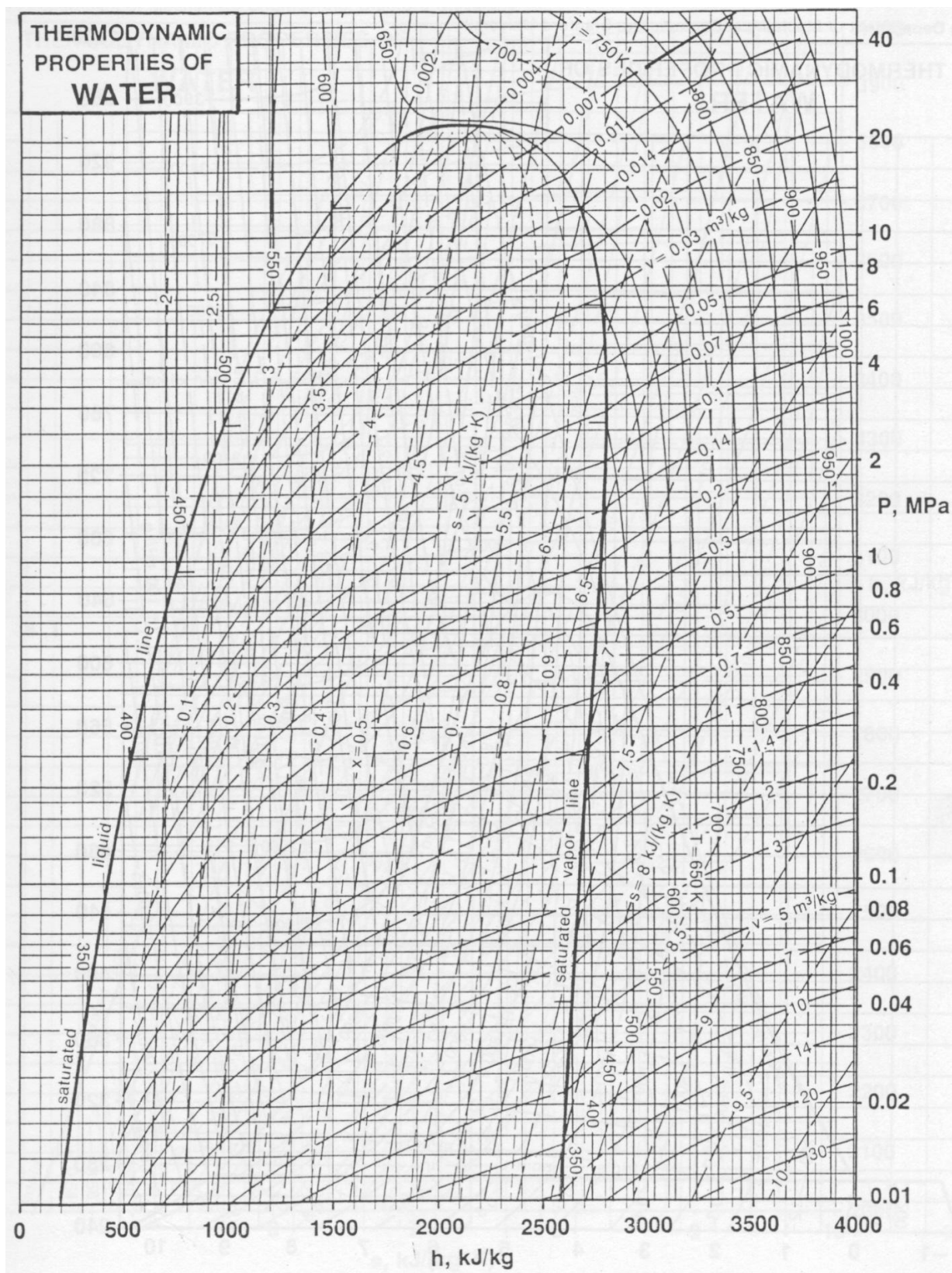
Balance de energía $\rightarrow \Delta E_c$ y ΔE_p despreciables

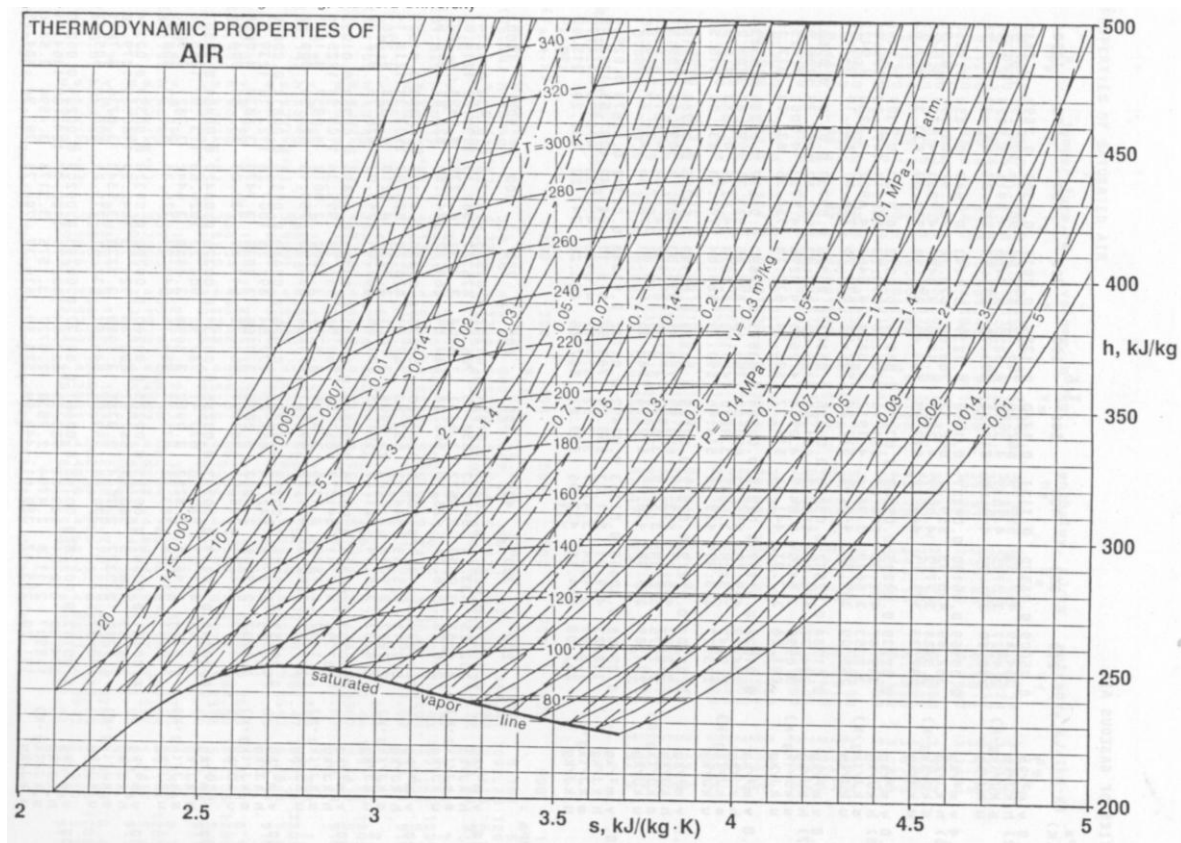
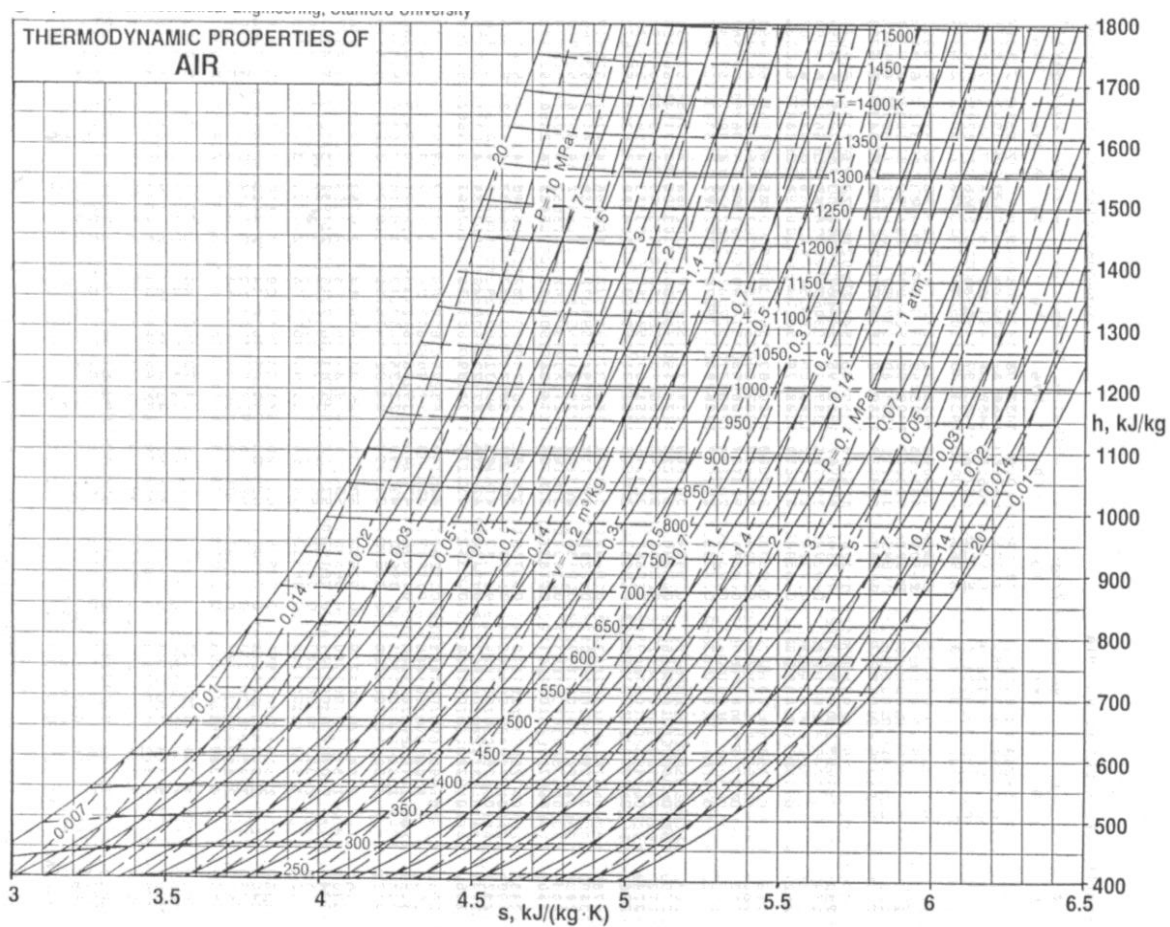
$$\dot{m}_{e1} \cdot h_{e1} + \dot{m}_{e2} \cdot h_{e2} := \dot{m}_s \cdot h_s$$

Los valores de entalpia se obtienen de tablas de propiedades termodinámicas que se pueden encontrar en libros como

También existen programas con las que se pueden simular ciclos termodinámicos de libre licencia como el cyclepad

AI.6 Graficas







APENDICE II: Combustión

Para aprovechar bien la energía que se desprende en la reacción de oxidación de los elementos combustibles es necesario que se realice en las mejores condiciones posibles. Para ellos deberemos hacer que todo el carbono se transforme en CO₂, que no haya inquemados sólidos o gaseosos, que no haya pérdidas de calor por la formación de inquemados, que el aire sea bien empleado en todo el proceso de combustión.

All.1 Combustión estequiometria

Consideramos como elementos combustibles el C, H₂ y el S. De este modo, el proceso de combustión se puede resumir en el siguiente cuadro:

Composición		Reacción de combustión	Moles	Comburente	Gases de combustión	
Elemento	% (Kg)	Oxidación	n	nO ₂	Componente	Moles
C	A	$C + O_2 \rightarrow CO_2$ (1:1: 1)	$n_c = A/12$	A/12	CO ₂	$n_{CO_2}=n_c$
H ₂	B	$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$ (1:½ 1)	$n_H = B/2$	B/4	H ₂ O	$n_{H_2O}=n_{H_2}$
S	D	$S + O_2 \rightarrow SO_2$ (1: 1: 1)	$n_o = D/32$	D/32	SO ₂	$n_{SO_2}=n_s$

El volumen de los gases de combustión lo calcularíamos de la siguiente manera:

Gas	Volumen de gases de combustión (VGC)
CO ₂	$V_{CO_2} = 22'4 \cdot n_{CO_2}$
H ₂ O	$V_{H_2O} = 22'4 \cdot n_{H_2O}$
SO ₂	$V_{SO_2} = 22'4 \cdot n_{SO_2}$
	$V_{total} = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{SO_2}$

Si queremos ahora saber los moles mínimos, es decir, la cantidad mínima de oxígeno necesaria para la reacción de combustión. Este aire nos lo va a aportar el aire. Como sabemos el aire está formado, en volumen, por 79% de N₂ y un 21% de O₂. El *aire mínimo*, referido al porcentaje de oxígeno, será:

$$\text{Aire} := \frac{100}{21} \cdot O_{2\min}$$



Hay que tener en cuenta que este aire se toma directamente de la atmósfera, y que esto implica que las condiciones en las que está este aire pueden variar: *humedad relativa, temperatura, presión vapor, presión real*.

Esto implica que para la cantidad de aire necesaria hace falta un *aire húmedo* en una cantidad superior. El *aire húmedo mínimo* viene dado por:

$$A_{mh} := F \cdot A_m$$

El parámetro F (factor de corrección) viene dado por:

$$F := 1 + HR \cdot \frac{P_s}{P_r - HR \cdot P_s}$$

P_s : presión de saturación (a la temperatura del aire)

P_r : Presión atmosférica

De esta manera, A_{mh} está en C/N, pero está claro que el aire que vamos a tomar de la atmósfera no va a estar en esas condiciones de manera general. Si se cumplen las condiciones del gas ideal, entonces podremos poner que:

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} := \frac{P_r \cdot V_r}{T_r} \quad \frac{P_0 \cdot A_{mh}}{T_0} := \frac{P_r \cdot A_r}{T_r} \quad A_r := \frac{P_0 \cdot T_r}{T_0 \cdot P_3} \cdot A_{mh} A_n$$

El nitrógeno aportado por el aire pasa directamente a los gases de combustión.

Para que pueda realizarse la combustión completa va a ser necesario aportar un exceso de aire. Tendremos entonces cierta cantidad de oxígeno que no reacciona y N_2 adicional, que es la cantidad que difiere de la cantidad teórica.



Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

El exceso de aire se mide por el *índice de exceso de aire*, que es el cociente entre el *aire real* y el *aire mínimo*. El exceso de aire es la diferencia entre n y 1, es decir, $n-1$.

- Índice de exceso de aire $n = A_r/A_{mh}$
- Exceso de aire $= n-1$
- % de exceso de aire $= 100(n-1)$

Los combustibles que requieren menos porcentaje de exceso de aire para su combustión son los gaseosos, y los que más, son los sólidos.

Combustible	O ₂	Exceso de aire (%)	n
Gas natural	2 – 2,7	10 – 15	1,10 – 1,15
Fuel oil ligero	2,3 – 3,5	12,5 – 20	1,125 – 1,20
Fuel oil pesado	3,3 – 4,2	20 – 25	1,20 – 1,25
Carbón	4,9 – 7	30 – 50	1,30 – 1,50

Si tenemos exceso de aire, en los gases de combustión tendremos:

- CO₂
- H₂O
- SO₂
- Oxígeno en exceso: O₂ del exceso de aire - O₂ mínimo
- N₂ del exceso de aire

Lo que habrá que calcular será:

- O_{2m}
- A_m
- A_{mh}
- A_r
- n (índice de exceso de aire)
- % ($n-1$)
- A_{ex}

En cuanto a los humos que se produce, serán *húmedos* y *secos*:

- $HTH = CO_2 + H_2O + SO_2 + (O_{2ex} - O_{2min}) + N_{2ex}$
- $HTS = HTH - H_2O$



Composición y cantidades de los gases de combustión

Se refieren siempre a la cantidad de combustible que se ha quemado. La composición de los gases de combustión se hace estableciendo relación entre los gases que se producen; esta relación puede ser de porcentaje en peso y en volumen, de tanto por 1,...

Haciendo un cuadro de la combustión es fácil y rápido calcular estas proporciones.

Cálculo rápido de aire y gases de combustión

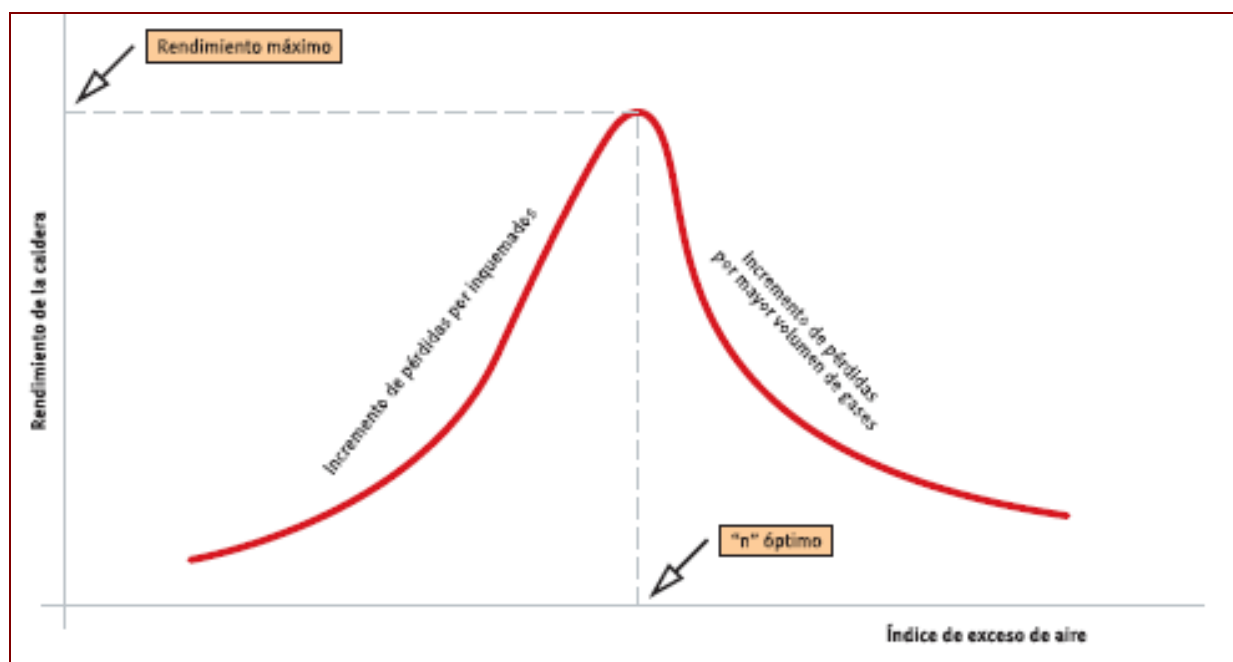
Para combustibles líquidos, en caso de que no se conozca la composición exacta, se pueden usar unas gráficas que nos ayudan a determinar el aire mínimo y los gases de combustión de una manera aproximada.

La relación entre el aire mínimo y el combustible líquido es una relación lineal. Usando las gráficas podemos averiguarla, siempre que los parámetros no se necesiten de una manera muy exacta.

Efecto del exceso de aire en el rendimiento de la combustión

El rendimiento de la combustión tiene un punto óptimo de exceso de aire. Si a partir de ese punto se reduce el exceso de aire, el rendimiento de la combustión será menor al no lograr oxidarse totalmente los componentes del combustible, originando inquemados como el monóxido de carbono (CO).

Si, por el contrario, aumentamos el exceso de aire por encima de su valor óptimo, el rendimiento también disminuirá, ya que una parte del calor liberado en la combustión se destinará a calentar la mayor cantidad de aire introducido y desalojado al exterior por el conducto de evacuación o la chimenea.





AII.2 Combustión incompleta

La combustión incompleta es aquella que se realiza sin que todo el carbono del combustible pueda transformarse en CO_2 . Se va a realizar, pues, con defecto de oxígeno, o lo que es lo mismo, con defecto de aire. Las reacciones que van a tener lugar son:

- $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \text{ y } \text{CO}$
- $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
- $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$

En la combustión incompleta no todo el carbono se transforma en CO_2 , por lo que se forman inquemados, tanto sólidos (hollín) como gaseosos (CO).

Los cálculos a efectuar en este tipo de combustiones son los mismos que en la combustión completa, solo que deberemos conocer la fracción de carbono que se transforma en CO_2 y en CO. Una vez conocido este dato, el resto de los cálculos serán análogos a los realizados para la combustión completa.

Una diferencia con la combustión completa está en la composición de los *gases de combustión*, que ahora contendrán: $\text{H}_{\text{TH}}: \text{CO}_2 + \text{CO} + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 + \text{N}_2$ $\text{H}_{\text{TH}}: \text{CO}_2 + \text{CO} + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow$ esto cuando hay exceso de aire



Tipos de combustión incompleta

a. Pseudocombustión oxidante (PCO)

La PCO es aquella reacción de combustión en la que los humos obtenidos en la misma contienen todos los elementos que cabría esperar de una combustión con exceso de aire y además, las partículas de carbonos sin quemar (inquemados sólidos). Es decir, los humos estarían formados por:

- $H = H_{TH}$ (combustión completa) + $C_{(s)}$ (inquemados)

Este tipo de combustión incompleta se produce cuando el tiempo de reacción no es suficiente para que se pueda llegar a realizar. Esto puede ser debido al factor de potencia (volumen en el hogar, que haya turbulencias, falta de uniformidad para la pulverización en combustibles líquidos.)

Otro factor puede ser el enfriamiento de la llama, que se origina cuando la mezcla aire-combustible incide sobre una superficie relativamente fría, o cuando se trabaja con un exceso de aire. Si existe un alto porcentaje de CO_2 en los gases de combustión también se puede producir una PCO

b. Pseudocombustión neutra (PCN)

Las PCN son un caso particular dentro de las PCO y se caracterizan por:

- 1) La concentración de CO es prácticamente nula en los gases de combustión (humos secos)
- 2) No existe O_2 en los gases de combustión

Otro caso de combustión incompleta son las que se realizan con *defecto de aire* ($n < 1$). El estudio de estas combustiones es muy complicado, ya que es muy difícil llegar a deducir que elementos se han quemado y cuales no. Son más fáciles de estudiar si se empiezan analizando los gases de combustión, deduciendo a partir de aquí como transcurre la combustión

AII.3 Diagramas de combustión

Los diagramas de combustión nos permiten efectuar cálculos de combustión de una forma rápida y bastante precisa. El realizar estos diagramas es ciertamente complicado. Los principales diagramas son los de *Gunte*, *Ostwald*, *Keller*. Cada diagrama varía para cada combustible.

- Gunte: Este diagrama es válido para el estudio de la combustión completa y es aplicable a *todo tipo* de combustibles
- Ostwald: Este diagrama es válido para combustiones *incompletas*, con inquemado formados solamente por CO (no se forman por tanto hollines). Este tipo de diagramas da buen resultado para índices de exceso de aire elevados.
- Keller: Es válido para combustiones incompletas. Tenemos además de CO y H₂, los inquemados. Es válido para combustibles con alto contenido en H₂ y relación C/H₂ baja. Es válido cuando el índice de exceso de aire es bajo.

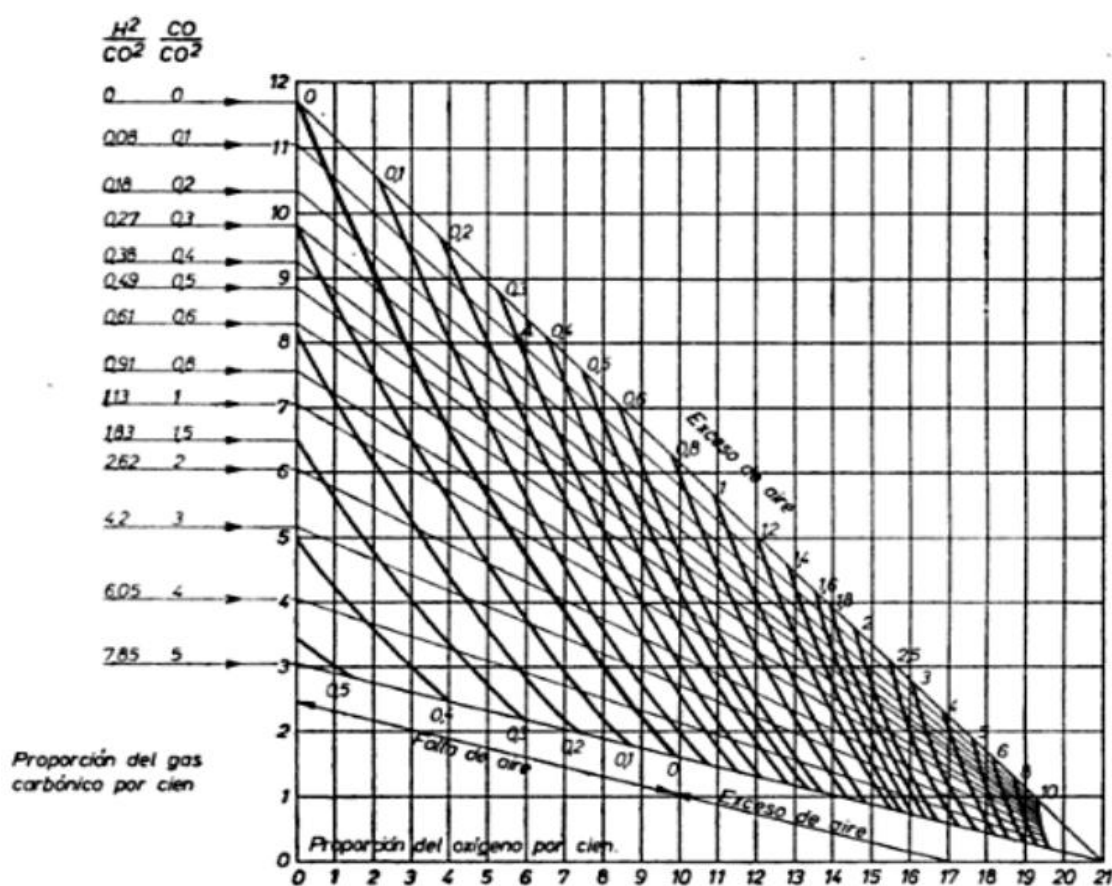


Diagrama de combustión del gas natural.



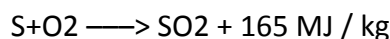
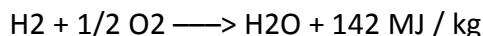
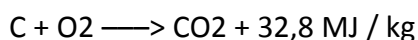
AII.4 Calculo del calor del combustible

El Calor del combustible se obtiene a partir de su consumo en kg/s o m³/s y su poder calorífico inferior PCI en kWh/kg o kWh/m³

Poder Calorífico del combustible

La cualidad energética que diferencia a los distintos combustibles, es su poder calorífico. Cada tipo de combustible tiene una distinta composición molecular, y su reacción con el oxígeno libera distintos niveles de energía térmica

Los combustibles más utilizados están formados básicamente por carbono e hidrógeno, con posibles trazas de azufre y otros elementos. Las principales reacciones que tienen lugar en la combustión, con la energía térmica producida, son:



El balance térmico de las reacciones del conjunto de los componentes del combustible constituye su poder calorífico, que se define como la cantidad de calor generado por la combustión completa de una unidad de masa de éste, estando el combustible y el comburente a una temperatura y presión de referencia.

Puesto que casi todos los combustibles poseen hidrógeno entre sus elementos y, como hemos visto, el resultado de su oxidación es la producción de agua, en función del estado físico en que se disperse esta agua hacia el exterior de la zona de combustión, como vapor en los gases de combustión o como líquido una vez cedido su calor latente de condensación, podremos hablar de Poder Calorífico Superior (PCS) o Poder Calorífico Inferior (PCI) del combustible. Así pues:



Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

- Poder Calorífico Superior, PCS, se define cuando el agua proveniente del combustible o formada durante la combustión se encuentra en su totalidad en estado líquido en los productos de combustión. Incluye por tanto el calor cedido por la condensación del agua contenida en los productos de combustión, que es de 597,2 kcal/kg (2,50 MJ/kg).
- Poder calorífico Inferior, PCI, se define cuando toda el agua proveniente del combustible o formada durante la combustión se encuentra como vapor en los productos de combustión. No comprende el calor de condensación, y su valor, lógicamente, es inferior al PCS.

Tabla valores medios de PCI y PCS de los principales combustibles

COMBUSTIBLES GASEOSOS	Densidad kg/m ³	PCI				PCS
		kcal/m ³	kWh/m ³	te/m ³	MJ/m ³	MJ/m ³
Gas natural	0,63 ⁽²⁾	9.228	10,73	9,23	38,63	42,92
Gas ciudad	0,65	4.037	4,69	4,04	16,90	18,20
Propano	1,85 ⁽³⁾	20.484	23,8	20,5	85,7	93,3
Butano	2,41 ⁽³⁾	26.253	30,5	26,3	109,9	119,2

⁽¹⁾ En función de la del aire. Para obtener la densidad real multiplicar por 1,29 kg/m³ en condiciones normales, o por 1,19 kg/m³ a 20 °C

⁽²⁾ Variable para cada yacimiento, entre 0,58 y 0,66 en condiciones normales

⁽³⁾ Densidad relativa a 20 °C

COMBUSTIBLES LIQUIDOS	Densidad Kg/m ³	PCI				PCS
		kcal/m ³	kWh/m ³	te/m ³	MJ/m ³	MJ/m ³
GLP Propano	506 ⁽¹⁾	11.073	12,88	11,07	46,35	50,45
GLP Butano	580 ⁽¹⁾	10.939	12,72	10,94	45,79	49,68
Queroseno	780	10.368	12,06	10,37	43,40	46,50
Gasóleo C	850	10.099	11,74	10,10	42,28	43,12
Fuelóleo nº 1	944	9.699	11,28	9,70	40,60	42,70

⁽¹⁾ Densidad en estado líquido a 20 °C

COMBUSTIBLES SOLIDOS	Densidad Relativa(1)	PCI				PCS
		kcal/m ³	kWh/m ³	te/m ³	MJ/m ³	MJ/m ³
Antracita	875(1)	8.194	9,53	8,19	34,30	34,70
Madera seca	s.d	4.539	5,28	4,54	19,00	s.d
Madera húmeda	s.d	3.440	4,00	3,44	14,40	s.d

⁽¹⁾ Carbon demenzado



Potencia térmica instantánea de un combustible

a. Para combustibles líquidos:

$$E_{\text{comb}} := Q \cdot \rho \cdot \text{PCI}$$

[AI 1]

P_{comb} = Calor del combustible (kW)

Q = caudal de combustible (m³/s)

ρ = densidad del combustible (kg/m³)

PCI = poder calorífico superior (kJ/ kg)

b. Para combustibles gaseosos:

$$E_{\text{comb}} := Q \cdot \text{PCI}$$

[AI 2]

P_{comb} = Calor del combustible (kW)

Q = caudal de combustible (Nm³/s)

PCI = poder calorífico superior (kJ/Nm³)



AII.5 Calculo del calor en inquemados sólidos y gaseosos

Calor debido a las sustancias que no se queman completamente en la combustión y salen con los humos: CO, CH o hidrocarburos (inquemados gaseosos) y opacidad de los gases (inquemados solidos).

Cuando las reacciones de combustión no se realizan completamente, en los gases de combustión aparecen sustancias tales como carbono (hollín), monóxido de carbono e hidrocarburos. Se les denomina inquemados, tal y como se ha visto anteriormente, puesto que proceden de la combustión incompleta del combustible. Pueden ser de dos tipos: sólidos o gaseosos.

AII.2.1 Inquemados sólidos

Los inquemados sólidos sólo se producen a partir de combustibles sólidos o líquidos. Están formados mayoritariamente por partículas de carbono e hidrocarburos fraccionados.

La formación de inquemados puede deberse a dos causas fundamentales:

1. Mal funcionamiento del quemador, lo cual se traduce en:
 - No se consigue la adecuada uniformidad de la mezcla del combustible y el aire.
 - No se atomiza el combustible lo suficiente.
 - La viscosidad del combustible líquido es incorrecta.
 - La intensidad de fuego y las dimensiones de la llama no son adecuadas a la cámara de combustión.



2. Aire de combustión insuficiente, debido a lo cual no se puede completar la reacción de combustión.

Los inquemados sólidos son visualmente apreciables por el ensuciamiento de los conductos de humo (hollín) y la aparición de humos oscuros en la chimenea. Su aparición produce dos efectos perjudiciales:

- Representa una pérdida de potencia calorífica del combustible, ya que en la combustión completa del carbono se producen 32 MJ/kg y si la operación es parcial o no se lleva a cabo no se obtienen.
- Las partículas sólidas en forma de hollín se irán depositando en las superficies de intercambio, dificultando la transmisión de calor de los gases al termofluido, lo que provocará un aumento de las pérdidas de calor por aumento de la temperatura de los gases en el conducto de evacuación y chimenea.

El método BACHARACH que permite la detección de los inquemados sólidos: la muestra de gases se hace pasar por un dispositivo donde los inquemados “manchan” un patrón cuyo nivel de ennegrecimiento comparado en una escala aporta la cantidad de inquemados contenidos en los humos.

Hay 6 niveles, del 1 al 6, con fracciones del 0 20 40 60 80 y 100% de opacidad respectivamente.

$$Q_{\text{inq.sold}} := \frac{21}{21 - O_2} \cdot \left(\frac{OP}{65} \right)$$

$Q_{\text{inq.sold}}$ = calor por inquemados (kW)

O_2 = % de oxígeno en los gases (%)

OP = % de opacidad (%)

All.2.2 Inquemados gaseosos

Están formados por CO e hidrocarburos ligeros. Las causas de su formación suelen ser:

- Insuficiente aire de combustión.
- Mal funcionamiento del quemador.
- Quemador inadecuado.

Cuando el combustible es un gas, su combustión incompleta puede producir elevadas concentraciones de CO y otros hidrocarburos, siendo el CO el mejor indicador de la mala combustión. Los hidrocarburos ligeros, principalmente metano, a partir de concentraciones elevadas pueden provocar explosiones en el conducto de evacuación o en la chimenea por inflamación espontánea, lo cual resulta peligroso.

$$Q_{\text{inq_gas}} := \frac{21}{21 - O_2} \cdot \left(\frac{CO}{3100} + \frac{CH}{1000} \right)$$

$Q_{\text{inq_gas}}$ = calor por inquemados (kW)

O_2 = % de oxígeno en los gases (%)

CO = partes por millón de CO en los gases

CH = partes por millón de hidrocarburos en los gases



AII.6 Cálculo del calor sensible en los humos de la combustión

A partir de los análisis de humos realizados, se puede determinar el calor sensible de los humos a la salida.

Conociendo la composición de los humos podemos determinar el calor sensible en los humos de la combustión, realizando un balance de energía entre su estado a la salida y el estado en condiciones ambiente (*ver APENDICE I Repaso de termodinámica*)

$$Q_{\text{humos}} := Q \cdot \sum_{i=1}^n \left[\frac{a_i}{100} \cdot (h_{si} - h_{ai}) \right]$$

Si consideramos estos gases como gases ideales caloríficamente perfectos:

$$Q_{\text{humos}} := Q \cdot \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{100} \cdot C_{pi} \cdot (t_s - t_a)$$

Q_{humos} = calor sensible (kW)

Q = caudal de humos (Nm³/s)

A_i = porcentaje del elemento i en volumen

h_{si} = entalpia del elemento i a la temperatura t_s

C_{pi} = calor específico medio del elemento i (kJ/Nm³ °C)

T_s = temperatura de salida

T_a = temperatura de ambiente

Calor específico de distintos gases de combustión (kJ/m ³ 0C)					
Temperatura °C	O ₂	CO ₂	N ₂	H ₂ O	SO ₂
100	1,2156	1,7376	1,2742	1,5706	1,7414
200	1,291	1,8389	1,2809	1,5811	1,7849
300	1,3408	1,9139	1,2931	1,5936	1,8276
400	1,3764	1,9741	0,8837	1,6079	1,8695
500	1,4036	2,0256	1,3115	1,6233	1,9101

APENDICE III: Flujo de calor por convección y radiación q[w]

Flujo de calor entre la zona donde se necesita el calor o frio y el exterior a través de la superficie mediante mecanismos de convección y radiación

Cuando ambos mecanismos de intercambio son significativos (caso de gases y más concretamente presencia de aire), el calor intercambiado desde la superficie del elemento a su entorno tendrá dos contribuciones, una convectiva y otra radiante, es decir:

$$q := A \cdot h_{\text{conv}} \cdot (\Delta T) + A \cdot h_{\text{rad}} \cdot (\Delta T) = h_{\text{conv_rad}} \cdot (\Delta T) \quad [\text{W}]$$

Por lo que podremos resumir ambos fenómenos en un coeficiente global de película (que contabilice ambos mecanismos) y que no es más que la suma de ambos coeficientes de forma individualizada.

$$h_{\text{conv_rad}} := h_{\text{conv}} + h_{\text{rad}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

- h_{conv} coeficiente de convección
- h_{rad} coeficiente de convección equivalente de radiación
- $h_{\text{conv_rad}}$ coeficiente de convección + radiación

AIII.1 Coeficiente de convección equivalente de radiación h_{rad}

La ecuación que rige el intercambio de calor por radiación es la conocida ecuación de Stefan-Boltzman, la cual considera que la densidad de flujo de calor por unidad de área es proporcional a la diferencia a la cuarta potencia de temperaturas (en Kelvin) entre superficies. (Recordemos que únicamente se tiene en cuenta este tipo de mecanismo de intercambio de calor en presencia de gases, y en nuestro caso práctico, en aire).



$$q := A \cdot C \cdot \left(TK_{sup1}^4 - TK_{sup2}^4 \right) \quad [W]$$

Donde A es la superficie radiante y C la constante de proporcionalidad presenta diferentes valores en función de las propiedades radiantes de las superficies (coeficiente de emisión), y de la forma del recinto (distancias y ángulos entre superficies), siendo en general difícil su determinación exacta.

En el caso de que la superficie en estudio sea de menor tamaño que las de su entorno (caso típico de la superficie de una tubería respecto a la habitación en que se encuentra, o de forma más aproximada el de una pared respecto al conjunto de todas las demás), la anterior ecuación se reduce a:

$$q := A \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot \left(TK_{sup1}^4 - TK_{sup2}^4 \right) \quad [W]$$

En donde, σ es la constante de Stefan-Boltzman ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$) y ε es el coeficiente de emisión de la superficie en estudio (ver Tabla de emisividad de materiales más comunes en el sector industrial).

En la práctica se desconoce normalmente el valor de las temperaturas superficiales del resto de superficies, por lo que una buena aproximación será suponerla igual a la temperatura del aire. Por tanto, la expresión del flujo de calor se puede expresar (linealizando la ecuación) como un coeficiente de convección equivalente de radiación mediante:

$$q := A \cdot h_{rad} \cdot (\Delta T) \quad [W]$$

Donde ΔT representa la diferencia de temperaturas entre la superficie y el medio (aire) dicha diferencia se contabiliza en °C ya que es lo mismo que en Kelvin.

$$q := A \cdot h_{rad} \cdot \left(T_{sup} - T_{aire} \right) \quad [W]$$



Evidentemente el valor del coeficiente de convección equivalente en radiación será (suponiendo la temperatura del resto de superficies igual a la del aire):

$$h_{\text{rad}} := \varepsilon \cdot \sigma \cdot (TK_{\text{sup}} + TK_{\text{aire}}) \cdot (TK_{\text{sup}}^2 + TK_{\text{aire}}^2) \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

Tabla de emisividad de materiales más comunes en el sector industrial

Material	Temperatura	ε	Material	Temperatura	ε
Aluminio, laminado brillante	170 °C	0,04	Guijarro	90 °C	0,95
Asbestos	20 °C	0,96	Corcho	20 °C	0,7
Asfalto	20 °C	0,93	Esmeril rojo (desigual)	80 °C	0,86
Algodón	20 °C	0,77	Cámara calor, negra anodizada	50 °C	0,98
Hormigón	25 °C	0,93	Cobre, ligeramente mate	20 °C	0,04
Plomo, gris oxidado	20 °C	0,28	Cobre, oxidado	130 °C	0,76
Plomo, muy oxidado	20 °C	0,28	Cobre, pulido	20 °C	0,03
Techo de fieltro	20 °C	0,93	Cobre, negro oxidado	20 °C	0,78
Hielo, brillante	0 °C	0,97	Plásticos (PE,PP, PVC)	20 °C	0,94
Hielo, irregular	0 °C	0,99	Hojas	20 °C	0,84
Hierro, esmerilado	20 °C	0,24	Mármol, blanco	20 °C	0,95
Hierro brillante -grabado	150 °C	0,13	Recubrimiento de minio pintura	100 °C	0,93
Hierro con cuero	100 °C	0,8	Latón, oxidado	200 °C	0,61
Hierro con láminas de cuero	20 °C	0,77	NATO-verde	50 °C	0,85
Hierro ligeramente oxidado	20 °C	0,61	Papel	20 °C	0,97
Hierro muy oxidado	20 °C	0,85	Porcelana	20 °C	0,92
Tierra cultivada arada	20 °C	0,38	Pizarra	25 °C	0,95
Tierra, arcilla negra	20 °C	0,66	Pintura negra (mate)	80 °C	0,97
Tejas	25 °C	0,93	Seda	20 °C	0,78
Yeso	20 °C	0,9	Plata	20 °C	0,02
Vidrio	90 °C	0,94	Acero	200 °C	0,52
Oro, pulido	130 °C	0,02	Acero oxidado	200 °C	0,79
Caucho duro	23 °C	0,94	Arcilla, cocida	70 °C	0,91
Caucho gris blando	23 °C	0,86	Pintura transformadora	70 °C	0,94
Madera	70 °C	0,94	Agua	38 °C	0,67
Zinc blanco (pintura)	20 °C	0,95	Ladrillo, mortero, yeso	20 °C	0,93



AIII.2 Coeficiente de convección más usuales h_{conv}

Para la estimación del coeficiente de convección siempre se debe descubrir en primer lugar el régimen de circulación (laminar o turbulento), ya que las correlaciones a utilizar son diferentes

AIII.2.1 Paredes

AIII.2.1.1 Interior de edificios

AIII.2.1.1.1 Verticales

El régimen de circulación viene dado en función del parámetro $H^3\Delta T$ donde:

- H es la altura de la pared (m)
- ΔT es el valor absoluto de la diferencia de temperaturas entre la pared y el aire ($^{\circ}\text{C}$)

$H^3\Delta T \leq 10 \text{ m}^3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ régimen laminar

$$h_{conv} := 1.23 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{H}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

$H^3\Delta T > 10 \text{ m}^3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ régimen turbulento

$$h_{conv} := 1.74 \cdot \sqrt[3]{\Delta T} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

AIII.2.1.1.2 Horizontales

El régimen de circulación viene dado en función del parámetro $H^3\Delta T$ donde:

- H es la anchura de la superficie (m)
- ΔT es el valor absoluto de la diferencia de temperaturas entre la pared y el aire ($^{\circ}\text{C}$)



Coeficiente de convección superior cuando la pared caliente está hacia arriba, o coeficiente de convección inferior cuando la cara fría esta hacia abajo (la gravedad favorece el movimiento)

$H^3\Delta T \leq 10 \text{ m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$ régimen laminar

$$h_{\text{conv}} := 1.23 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{H}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

$H^3\Delta T > 10 \text{ m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$ régimen turbulento

$$h_{\text{conv}} := 1.52 \cdot \sqrt[3]{\Delta T} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

Coeficiente de convección superior cuando la pared fría está hacia arriba, o coeficiente de convección inferior cuando la cara caliente esta hacia abajo (la gravedad no favorece el movimiento)

$H^3\Delta T \leq 10 \text{ m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$ régimen laminar

$$h_{\text{conv}} := 0.59 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{H}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

AIII.2.1.2 Exterior de edificios

AIII.2.1.2.1 Verticales y Horizontales

El régimen de circulación viene dado en función del parámetro vH donde:

- H es la altura de la pared (o la anchura para superficies horizontales) (m)
- v es la velocidad del aire (m/s)



$vH \leq 8 \text{ m}^2/\text{s}$ régimen laminar

$$h_{\text{conv}} := 3.96 \sqrt[4]{\frac{v}{H}} \quad [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$$

$vH > 8 \text{ m}^2/\text{s}$ régimen turbulento

$$h_{\text{conv}} := 5.76 \cdot \sqrt[5]{\frac{v^4}{H}} \quad [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$$

AIII.2.2 Tuberías (coeficiente de convección exterior con aire)

AIII.2.2.1 Interior de edificios

AIII.2.2.1.1 Verticales

El régimen de circulación viene dado en función del parámetro $D^3\Delta T$ donde:

- D es el diámetro exterior de la tubería (m)
- ΔT es el valor absoluto de la diferencia de temperaturas entre la pared y el aire ($^{\circ}\text{C}$)

$D^3\Delta T \leq 10 \text{ m}^3\text{C}$ régimen laminar

$$h_{\text{conv}} := 1.32 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{D}} \quad [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$$

$D^3\Delta T > 10 \text{ m}^3\text{C}$ régimen turbulento

$$h_{\text{conv}} := 1.74 \cdot \sqrt[3]{\Delta T} \quad [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$$



AIII.2.2.1.2 Horizontales

El régimen de circulación viene dado en función del parámetro $D^3\Delta T$ donde:

- D es el diámetro exterior de la tubería (m)
- ΔT es el valor absoluto de la diferencia de temperaturas entre la pared y el aire ($^{\circ}\text{C}$)

$D^3\Delta T \leq 10 \text{ m}^3\text{C}$ régimen laminar

$$h_{\text{conv}} := 1.25 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{D}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

$D^3\Delta T > 10 \text{ m}^3\text{C}$ régimen turbulento

$$h_{\text{conv}} := 1.21 \cdot \sqrt[3]{\Delta T} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

AIII.2.2.1.3 Caso de conductos de aire

En este caso existen dos superficies planas verticales y dos horizontales, siendo de dimensiones relativas variables en función de la relación altura/anchura y su régimen de circulación. Una vez ponderados dichos coeficientes, en la práctica se toma el valor medio que se expresa a continuación.

- H es la anchura del conducto (m)
- DT es el valor absoluto de la diferencia de temperaturas entre la pared y el aire ($^{\circ}\text{C}$)

$H^3\Delta T \leq 10 \text{ m}^3\text{C}$ régimen laminar

$$h_{\text{conv}} := 1.17 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{H}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$



AIII.2.2.2 Exterior de edificios

AIII.2.2.2.1 Verticales y Horizontales

El régimen de circulación viene dado en función del parámetro vD .

- D es el diámetro exterior de la tubería (m)
- v es la velocidad del aire (m/s)

$vD \leq 0,00855 \text{ m}^2/\text{s}$ régimen laminar

$$h_{\text{conv}} := \frac{0.0081}{D} + 3.14 \cdot \sqrt{\frac{v}{D}} \quad [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$$

$vD > 0,00855 \text{ m}^2/\text{s}$ régimen turbulento

$$h_{\text{conv}} := 8.9 \cdot \frac{v^{0.9}}{D^{0.3}} \quad [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$$

AIII.2.3 Tuberías (coeficiente de convección interior)

AIII.2.3.1 Con agua

En la práctica siempre estaremos en régimen turbulento (la presencia de una bomba de circulación y velocidades del orden de 1m/s así lo imponen).

- D es el diámetro interior de la tubería (m)
- v es la velocidad del agua (m/s)
- T es la temperatura en °C

$$h_{\text{conv}} := \frac{1057(1.352 + 0.019 \cdot T) v^{0.8}}{D^{0.2}} \quad [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$$



AIII.2.3.1 Con Aire (caso de conductos)

En la práctica siempre estaremos en régimen turbulento (la presencia de un ventilador de circulación y velocidades del orden de 6m/s así lo imponen).

- D es el diámetro interior de la tubería (m) (o diámetro hidráulico en caso de conducto rectangular $Dh = 2 \text{ anchura} \times \text{altura} / (\text{anchura} + \text{altura})$)
- v es la velocidad del aire (m/s)
- T es la temperatura en °C

$$h_{\text{conv}} := (3.76 - 0.00497T) \frac{v^{0.8}}{D^{0.2}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

AIII.3 Coeficiente de convección+ radiación $h_{\text{conv_rad}}$

$h_{\text{conv_rad}}$ lo podemos calcular como la suma de los dos coeficientes o hacer una aproximación según la posición relativa y tipo de cerramiento

AIII.3.1 Interior de edificios

AIII.3.1.1 Verticales: (Paredes)

$h_{\text{conv_rad}} = 7,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ (resistencia térmica $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$)

AIII.3.1.2 Horizontales:

Cara caliente hacia arriba o fría hacia abajo

$h_{\text{conv_rad}} = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$ (resistencia térmica $0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$)

Cara caliente hacia abajo o fría hacia arriba

$h_{\text{conv_rad}} = 5,88 \text{ W/m}^2\text{K}$ (resistencia térmica $0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$)



AIII.3.2 Exterior de edificios

AIII.3.2.1 Verticales: (Paredes)

hint = 25 W/m² K (resistencia térmica 0,04 m² K/W)

AIII.3.2.2 Horizontales:

Cara caliente hacia arriba o fría hacia abajo

hint = 25,0 W/m² K (resistencia térmica 0,04 m² K/W)

Cara caliente hacia abajo o fría hacia arriba

hint = 25,0 W/m² K (resistencia térmica 0,04 m² K/W)



BIBLIOGRAFIA

- M.J.Morán; H.N. Shapiro: Fundamentos de termodinámica técnica. Reverté, 1ª Edición (castellano), 1994.
- Yunus A. Çengel, Michael A. Boles: Termodinámica. McGraw-Hill. 2ª edición (castellano)
- R.W. Haywood.: Analysis of engineering cycles (Power, Refrigerating and Gas Liquefaction Plant). Pergamon Press, United Kingdom, 4ª ed. 1991
- Wark, K.: Termodinámica. McGraw-Hill, 5ª ed. 1991
- W.C. Reynolds.: Thermodynamic Properties in SI graphs, tables and computational equations for 40 substance. Department of mechanical Engineering , Stanford University
- IDAE. Guía técnica. Mantenimiento de instalaciones térmicas
- IDAE. Guía técnica. Procedimientos para la determinación del rendimiento energético de plantas enfriadoras de agua y equipos autónomo de tratamiento de aire
- IDAE. Guía técnica. Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos.
- IDAE. Guía técnica. Torres de refrigeración
- IDAE. Guía técnica. Procedimiento de inspección periódica de eficiencia energética para calderas
- Enrique Borrás Brucart.: Gas natural: Características, distribución y aplicaciones industriales. Editores técnicos asociados, 1987
- Colombo, G. Manual del Ingeniero Civil e Industrial.1ª Edición en Castellano 1961, traducción de la 80ª edición italiana.
- Centro de Estudios de la Energía. Técnicas de Conservación Energética en la Industria. Ministerio de Industria y Energía. 1982.
- IDAE. Uso eficiente de energía en calderas y redes de fluidos. 1988.
- Reknagel-Sprenger-Hönnmann. Manual Técnico de Calefacción y Aire Acondicionado. Tomo I. (Traducción de la 65ª edición alemana). 1993.



- Viti, A. y otros. Manual sobre calderas de alto rendimiento y su aplicación al sector de la edificación. IDAE. 1996.
- Pozo, P.J. DTIE 10.03 Calderas Individuales. ATECYR. 1998.
- Frank P. Incropera, David P. DeWitt, Ricardo Cruz. Fundamentos de transferencia de calor Edición: 4, ilustrada Publicado por Pearson Educación, 1999

Normativa

- UNE 216301 2007 Sistema de gestion energetica. Requisitos
- UNE EN 12464 1 2003 Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1 Lugares de trabajo en interiores
- UNE 9004 1986 Calderas de vapor. Características y datos fundamentales para definir las
- UNE 100014 2004 IN Climatización. Bases para el proyecto. Condiciones exteriores de cálculo
- UNE 9002 1986 Calderas de vapor. Clasificación
- UNE 9005 1986 Calderas de agua sobrecalentada. Características y datos fundamentales para definir las
- UNE-EN ISO 6976 2005 Gas natural. Cálculo del poder calorífico, densidad, densidad relativa e índice de Wobbe a partir de la composición
- UNE 9003 1986 Calderas de agua sobrecalentada. Clasificación
- UNE 100001 2001 Climatización. Condiciones climáticas para proyectos
- UNE EN ISO 12241 1999 Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales. Método de cálculo
- UNE 9001 1987 Calderas. Términos y definiciones
- ISO 7345 Aislamiento térmico. Magnitudes físicas y definiciones
- ISO 9346 Aislamiento térmico. Transferencia de masa. Magnitudes físicas y definiciones
- ISO 12241 Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales. Método de cálculo

AGENCIAS DE ENERGÍA

- El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE
<http://www.idae.es>
- EnerAgen, Asociación de Agencias Españolas de Gestión de la Energía
<http://www.eneragen.org/>

ANDALUCÍA

- Agencia Andaluza de la Energía (AAE)
<http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es>
- Agencia Local Energía de Sevilla, ALES
<http://www.sevilla.org/impe/sevilla/portada>
- Agencia Provincial de la Energía de Granada, AEG
<http://www.apegr.org/index1.htm>
- Agencia Provincial de la Energía de Huelva, APEH
<http://www.apeh.org/>
- Agencia Provincial de la Energía de Sevilla, Sevilla Siglo XXI-Energía
<http://www.prodetur.es/>
- Agencia de Gestión Energética de la Provincia de Jaén, AGENER
<http://www.agener.es/>

ASTURIAS

- Fundación Agencia Local de la Energía del Nalón, ENERNALÓN
<http://www.prodetur.es/>
- Fundación Asturiana de la Energía, FAEN
<http://www.faen.info/>
- Agencia de Energía de Gijón
<http://www.energiagijon.es/>



CANARIAS

- Agencia Insular de Energía de Tenerife, AIET
<http://www.agenergia.org/>
- Agencia de Energía de las Canarias Occidentales, AECO
<http://www.itccanarias.org/itc>
- Agencia Local Gestora de la Energía de Las Palmas de G.C.
<http://www.algelpgc.es/>

CASTILLA Y LEÓN

- Agencia energética Municipal de Valladolid, AEMVA
<http://www.aemva.org/>
- Agencia Provincial de la Energía de Ávila, APEA
<http://www.apea.com.es/>
- Agencia Provincial de la Energía de Burgos, AGENBUR
<http://www.agenbur.com/>
- Ente Regional de la Energía de Castilla y León, EREN
<http://www.jcyl.es/jcyl-client/jcyl/cee/eren>

CASTILLA-LA MANCHA

- Agencia de Gestión de la Energía de Castilla-La Mancha, AGECAM
<http://www.agecam.es/>
- Agencia Provincial de la Energía de Toledo, APET
<http://www.diputoledo.es/>

CATALUÑA

- Agència d'Energia de Barcelona
<http://www.barcelonaenergia.com/>



- Centre de Documentació i Educació Ambiental - Agència de Serveis Energètics de Terrassa
<http://web.terrassa.org/web-ecoequip/>
- Instituto Catalán de Energía, ICAEN
<http://www.icaen.net/>
- Agencia Comarcal de la Energía (MARESME), ACE
<http://www.ccmarsme.es/>
- Agència de l'Energia d'Osona, AEO
<http://www.ccosona.es/>
- Fundació Tàrraco Energia Local
<http://www.tinet.org/~ftarraco/frames.htm>

COMUNIDAD DE MADRID

- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, FENERCOM
<http://www.fenercom.com/>

COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA

- Agencia Energética Municipal de Pamplona, AEMPA
<http://www.pamplona.net/>

COMUNIDAD VALENCIANA

- Agencia Valenciana de la Energía, AVEN
<http://www.aven.es/>
- Agencia Energètica de La Ribera, AER
<http://www.aer-ribera.com/>

EXTREMADURA

- Agencia Extremeña de la Energía – Badajoz- Cáceres, , AGENEX
<http://www.agenex.org/>



GALICIA

- Agencia Local de Vigo
http://hoxe.vigo.org/index_es.php
- Instituto Enerxético de Galicia (INEGA)
<http://www.inega.es/>
- Fundación Axencia Enerxética Provincial da Coruña, FAEPAC
<http://www.faepac.org/>

ILLES BALEARS

- Agència d'Energia de les Pitiüses
<http://www.cief.es/>

MURCIA

- Fundación Agencia Regional de Gestión de la Energía de Murcia, ARGEM
<http://www.argem.es/>
- Agencia Local de la Energía y Cambio Climático de Murcia (ALEM)
<http://www.energiamurcia.eu/>

PAÍS VASCO

- Ente Vasco de la Energía (EVE)
<http://www.eve.es/>

LEGISLACIÓN

Sector Eléctrico

Legislación Básica

- Directiva 2005/89/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de enero de 2006, sobre las medidas de salvaguarda de la seguridad del abastecimiento de electricidad y la inversión en infraestructura
- Directiva 2003/54/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y por la que se deroga la Directiva 96/92/CE
- Directiva 96/92/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de diciembre de 1996, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad

Observaciones: Derogada a partir del 1 de julio de 2004, sin perjuicio de las obligaciones de los Estados miembros respecto de los plazos de incorporación de dicha Directiva a su Derecho interno y para la aplicación de la misma. Las referencias a la Directiva derogada se interpretarán como referencias a la nueva Directiva 2003/54/EC y deberán ser leídas de acuerdo con la tabla de correspondencias que figura en el Anexo B.

- Reglamento CE nº 1228/2003, del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de junio de 2003, relativo a las condiciones de acceso a la red para el comercio transfronterizo de electricidad.
- Ley 17/2007, de 4 de julio, por la que se modifica la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, para adaptarla a lo dispuesto en la Directiva 2003/54/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad.

Observaciones: Traspone parcialmente la Directiva 2003/54/CE, de 26 de junio, y modifica la Ley 54/1997, de 27 de noviembre.

- LEY 24/2005, de 18 de noviembre, de reformas para el impulso a la productividad.
- Ley 53/2002, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social (artículos 92 y 94).

Observaciones: El artículo 92 modifica el artículo 34.1 y la disposición transitoria novena de la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, y el artículo 94 establece la metodología para la aprobación de la tarifa eléctrica media o de referencia en el periodo 2003-2010.

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico
- Real Decreto-Ley 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.
- Real Decreto-Ley 7/2006, de 23 de junio, por el que se adoptan medidas urgentes en el sector energético.

Observaciones: Modifica determinados preceptos y añade las disposiciones adicionales 20 y 21 y suprime las transitorias 6 y 8 de la Ley 54/1997, de 27 de noviembre.

- Real Decreto Ley 5 /2005, de 11 de marzo, de reformas urgentes para el impulso a la productividad y para la mejora de la contratación pública (Título II: capítulos I y II)
- Real Decreto-Ley 6/2000, de 23 de junio, de Medidas Urgentes de Intensificación de la Competencia en Mercados de Bienes y Servicios (Títulos I y II).
- Real Decreto-Ley 6/1999, de 16 de Abril, de medidas urgentes de liberalización e incremento de la competencia (Capítulo IV y capítulo VIII, Artículo 10.1)
- Real Decreto 324/2008, de 29 de febrero, por el que se establecen las condiciones y el procedimiento de funcionamiento y participación en las emisiones primarias de energía eléctrica.

- Real Decreto 1454/2005, de 2 de diciembre, por el que se modifican determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico.

Observaciones: Traspone la Directiva Europea 2003/54/CE, de 26 de junio. Deroga el art. 21 bis y modifica arts. del Real Decreto 2019/1997; Deroga el art. Art. 82.4 y modifica arts. del Real Decreto 1955/2000; Deroga el art. 6.5 y modifica arts. del Real Decreto 6.5; Modifica los Reales Decretos nº 1435/2002, 2018/1997, 436/2004 y 2392/2004; la Orden de 17 de diciembre de 1998, el Anexo I de la Orden de 12 de enero de 1995 y el Reglamento 1496/2003, de 28 de noviembre.

- Real Decreto 1747/2003, de 19 de diciembre, por el que se regulan los sistemas eléctricos insulares y extrapeninsulares.



Mercado Eléctrico

- Convenio internacional, relativo a la constitución de un mercado ibérico de la energía eléctrica entre el Reino de España y la República Portuguesa, hecho en Santiago de Compostela el 1 de octubre de 2004.
- Real Decreto-Ley 3/2006, de 24 de febrero, por el que se modifica el mecanismo de casación de las ofertas de venta y adquisición de energía presentadas simultáneamente al mercado diario e intradiario de producción por sujetos del sector eléctrico pertenecientes al mismo grupo empresarial.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

Observaciones: Deroga las siguientes disposiciones sobre puntos de medida: Real Decreto 2018/1997, de 26 de diciembre, Real Decreto 385/2002, de 26 de abril, y Real Decreto 1433/2002, de 27 de diciembre.

- Real Decreto 2351/2004, de 23 de diciembre, por el que se modifica el procedimiento de resolución de restricciones técnicas y otras normas reglamentarias del mercado eléctrico
- Real Decreto 1435/2002, de 27 de diciembre, por el que se regulan las condiciones básicas de los contratos de adquisición de energía y de acceso a las redes en baja tensión.
- Real Decreto 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica.
- Orden ITC/400/2007, de 26 de febrero, por la que se regulan los contratos bilaterales que firmen las empresas distribuidoras para el suministro a tarifa en el territorio peninsular.
- Orden ITC/3990/2006, de 28 de diciembre, por la que se regula la contratación a plazo de energía eléctrica por los distribuidores en el primer semestre de 2007.
- Orden ITC/2129/2006, de 30 de junio, por la que se regula la contratación a plazo de energía eléctrica por los distribuidores en el segundo semestre de 2006.
- Orden Ministerial de 17 de diciembre de 1998, por la que se modifica la de 29 de diciembre de 1997, que desarrolla algunos aspectos del Real Decreto 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica
- Resolución de 19 de diciembre de 2008, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se aprueba el perfil de consumo y el método de cálculo a efectos de liquidación de energía, aplicables para aquellos consumidores tipo 4 y tipo 5 que no dispongan de registro horario de consumo, así como aquellos que han pasado de ser tipo 4 a tipo 3, según el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico, para el año 2009.
- Resolución de 24 de mayo de 2006, de la Secretaría General de Energía, por la que se aprueban las Reglas de funcionamiento del mercado diario e intradiario de producción de energía eléctrica.

Observaciones:

- Modificado por corrección de errores publicada en el BOE de 26 de julio de 2006.
- Deroga la Resolución de 5 de abril de 2001.
- Resolución de 24 de mayo de 2006, de la Secretaría General de Energía, por la que se aprueban diversos procedimientos de operación para su adaptación a la nueva normativa eléctrica.
- Resolución de 30 de diciembre de 2002, de la DGPEM, por la que se aprueba el procedimiento transitorio de cálculo para la aplicación de la tarifa de acceso vigente, a partir de los datos de medida suministrados por los equipos existentes para los puntos de medida tipo 4.
- Resolución de 30 de diciembre de 2002, de la DGPEM, por la que se establece el procedimiento de estimación de medida aplicable a los cambios de suministrador

Tarifas Eléctricas Vigentes

- Orden ITC/3801/2008, de 26 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir de 1 de enero de 2009.

Tarifas Eléctricas de Último Recurso

- Real Decreto 485/2009, de 3 de abril, por el que se regula la puesta en marcha del suministro de último recurso en el sector de la energía eléctrica.



Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

Observaciones:

- Modificado por corrección de errores publicada en el BOE de 28 de abril de 2009.
 - Deroga el art. 16.2 del Real Decreto 1474/2003; los arts. 176 a 180, 189, 200 a 204 y los apartados 2.1 y 2.2 del anexo del Real Decreto 1955/2000.
- Modifica los arts. 71.2, 73, 188.2 y 191 del Real Decreto 1955/2000; el art. 3 del Real Decreto 1068/2007, y los arts. 9 y 10 del Real Decreto 2019/1997.

Formación de Tarifas Eléctricas

- Real Decreto-Ley 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.
- Real Decreto 871/2007, de 29 de junio, por el que se ajustan las tarifas eléctricas a partir del 1 de julio de 2007

Observaciones: Deroga el primer párrafo del art. 1.1, la disposición transitoria cuarta y los apartados 1 y 2 del anexo I del Real Decreto 1634/2006, y modifica y suprime lo indicado del anexo I de la Orden de 12 de enero de 1995

- Real Decreto 1634/2006, de 29 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica a partir de 1 de enero de 2007.

Observaciones: Modificado por corrección de errores publicada en el BOE de 21 de febrero de 2007.

- Real Decreto 809/2006, de 30 de junio, por el que se revisa la tarifa eléctrica a partir del 1 de julio de 2006
- Real Decreto 470/2006, de 21 de abril, por el que se modifica el porcentaje sobre la tarifa eléctrica correspondiente a la moratoria nuclear como coste con destino específico.
- Real Decreto 1556/2005, de 23 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica para 2006.
- Real Decreto 2392/2004, de 30 de Diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica para 2005.
- Real Decreto 1432/2002, de 27 de Diciembre, por el que se establece la metodología para la aprobación o modificación de la tarifa eléctrica media o de referencia y se modifican algunos artículos del Real Decreto 2017/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el procedimiento de liquidación de los costes de transporte, distribución y comercialización a tarifa, de los costes permanentes del sistema y de los costes de diversificación y seguridad de abastecimiento.
- Real Decreto 1164/2001, de 26 de Octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- Orden ITC/3801/2008, de 26 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir de 1 de enero de 2009.
- Orden ITC/1857/2008, de 26 de junio, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de julio de 2008.

Observaciones:

- Deroga el anexo I de la Orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre
 - Modifica el Art. 7.3.5 de la Orden ITC/913/2006, de 30 de marzo, y el Anexo II de la Orden ITC/2794/2007, de 27 de septiembre.
- Orden ITC/3860/2007, de 28 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de enero de 2008.

Observaciones: Deroga los apartados 2 y 5 de la Orden de 17 de diciembre de 1998; el apartado 18 del anexo 3 y Modifica el anexo 3 de la Orden ITC/2794/2007, de 27 de septiembre, y los arts. 11 a 13 de la Orden ITC/913/2006, de 30 de marzo.

- Orden ITC/2794/2007, de 27 septiembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir del 1 de octubre de 2007.
- Orden ITC/400/2007, de 26 de febrero, por la que se regulan los contratos bilaterales que firmen las empresas distribuidoras para el suministro a tarifa en el territorio peninsular.
- Orden de 12 de enero de 1995, por la que se establecen las tarifas eléctricas

Observaciones: El anexo de la Orden de 12 de enero de 1995 es de especial interés dado que en él se define la Estructura General Tarifaria. Se advierte, sin embargo, que algunos de sus puntos han sido modificados por legislación posterior

Régimen Especial

- Directiva 2004/8/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de febrero de 2004, relativa al fomento de la cogeneración sobre la base de la demanda de calor útil en el mercado interior de la energía y por la que se modifica la Directiva 92/42/CEE



Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

- Directiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de septiembre de 2001, sobre la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de electricidad.
- Real Decreto-Ley 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social. Artículo 4 y Disposiciones Transitorias 4ª y 5ª: Registro de pre-asignación de retribución para instalaciones y cumplimiento de objetivos de potencia instalada.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.

Observaciones: Modifica el art. 26 y lo indicado del artículo 2.a) del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo.

- Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio, por el que se establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Observaciones:

- Deroga el Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo. Establece un nuevo régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, así como un régimen económico transitorio para las instalaciones incluidas en las categorías a), b), c) y d) del Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo,
 - Modificado por correcciones de errores publicadas en BOE de 25 y 26 de julio de 2007.
- Real Decreto 616/2007, de 11 de mayo, sobre fomento de la cogeneración.

Observaciones:

- Modificado por corrección de errores publicada en el BOE de 15 de mayo de 2007.
 - Transpone la Directiva Europea 2004/8/CE.
- Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Observaciones:
 - Derogado por Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo.
 - Ver modificaciones posteriores del Real Decreto 436/2004
- Real Decreto 841/2002, de 2 de agosto, por el que se regula para las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial su incentivación en la participación en el mercado de producción, determinadas obligaciones de información de sus previsiones de producción, y la adquisición por los comercializadores de su energía eléctrica producida.

- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión
- Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración.
- ORDEN ITC/1673/2007, de 6 de junio, por la que se aprueba el programa sobre condiciones de aplicación de aportación de potencia al sistema eléctrico de determinados productores y consumidores asociados que contribuyan a garantizar la seguridad de suministro eléctrico.
- ORDEN ITC/1522/2007, de 24 de mayo, por la que se establece la regulación de la garantía del origen de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia.

Observaciones: Traspone parcialmente las Directivas 2004/8/CE, de 11 de febrero de 2004, y 2001/77/CE, de 27 de septiembre de 2001

- Resolución de 27 de septiembre de 2007, de la Secretaría General de Energía, por la que se establece el plazo de mantenimiento de la tarifa regulada para la tecnología fotovoltaica, en virtud de lo establecido en el artículo 22 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo.

Observaciones: De conformidad con el art. 22 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo.



Sector del Gas

Legislación Básica

- Directiva 2004/67/CE del Consejo, de 26 de abril de 2004, relativa a unas medidas para garantizar la seguridad del suministro de gas natural.
- Directiva 2003/55/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior de gas natural y por la que se deroga la Directiva 98/30/CE.

Observaciones: Modificada por corrección de errores publicada en el DOCE de 23 de enero de 2004.

- Directiva 1998/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, sobre normas comunes para el mercado interior de gas natural

Observaciones: Derogada a partir del 1 de julio de 2004, sin perjuicio de las obligaciones de los Estados miembros respecto de los plazos para la incorporación de dicha Directiva a su Derecho interno y para la aplicación de la misma. Las referencias a la Directiva 98/30/CE derogada se interpretarán como referencias a la nueva 2003/55/EC Directiva y deberán ser leídas de acuerdo con la tabla de correspondencias que figura en el Anexo B.

- Reglamento (CE) nº 1775/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de septiembre de 2005, sobre las condiciones de acceso a las redes de transporte de gas natural.
- Ley 12/2007, de 2 de julio, por la que se modifica la Ley 34/1998, de 7 de octubre, del Sector de Hidrocarburos, con el fin de adaptarla a lo dispuesto en la Directiva 2003/55/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior de gas natural.

Observaciones: raspone parcialmente la Directiva 2003/55/CE, de 26 de junio, y modifica la Ley 34/1998, de 7 de octubre.

- LEY 24/2005, de 18 de noviembre, de reformas para el impulso a la productividad.
- Ley 53/2002, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social (artículo 93).

Observaciones: El artículo 93 modifica el artículo 52 y la disposición transitoria quinta de la Ley 54/1998, de 7 de octubre, del Sector de Hidrocarburos.

- Ley 50/1998, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social: Artículo 108.
- Ley 34/1998, de 7 de octubre, del Sector de Hidrocarburos, que ordena las actividades de exploración, transporte, distribución y comercialización de los hidrocarburos líquidos y gaseosos.
- Real Decreto-Ley 7/2006, de 23 de junio, por el que se adoptan medidas urgentes en el sector energético.

Observaciones: Añade las disposiciones adicionales 25 y 26 y una transitoria 18 a la Ley 34/1998, de 7 de octubre.

- Real Decreto Ley 5 /2005, de 11 de marzo, de reformas urgentes para el impulso a la productividad y para la mejora de la contratación pública (Título II: capítulos I y IV).
- Real Decreto-Ley 6/2000, de 23 de junio, de Medidas Urgentes de Intensificación de la Competencia en Mercados de Bienes y Servicios (Título I, Capítulo II y artículo 34)
- Real Decreto-Ley 15/1999, de 1 de octubre, por el que se aprueban medidas de liberalización, reforma estructural e incremento de la competencia en el sector de hidrocarburos.
- Real Decreto-Ley 6/1999, de 16 de abril, de Medidas Urgentes de Liberalización: Capítulo III

- Real Decreto 326/2008, de 29 de febrero, por el que se establece la retribución de la actividad de transporte de gas natural para instalaciones con puesta en servicio a partir del 1 de enero de 2008.
- Real Decreto 942/2005, de 29 de julio, , por el que se modifican determinadas disposiciones en materia de hidrocarburos.

Observaciones: Modifica el Real Decreto 1434/2002, de 27 de diciembre; el Real Decreto 949/2001, de 3 de agosto y el Real Decreto 1700/2003, de 15 de diciembre.

- Real Decreto 1716/2004, de 23 de julio, por el que se regula la obligación de mantenimiento de existencias mínimas de seguridad, la diversificación de abastecimiento de gas natural y la corporación de reservas estratégicas de productos petrolíferos
- Real Decreto 1434/2002, de 27 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de gas natural



Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

- Real Decreto 949/2001, de 3 de agosto, por el que se regula el acceso de terceros a las instalaciones gasistas y se establece un sistema económico integrado del sector de gas natural

Observaciones: Modificado por disposiciones adicionales primera a quinta del Real Decreto 1434/2002, de 27 de diciembre, y por el Real Decreto 942/2005, de 29 de julio.

- Orden ITC/3802/2008, de 26 de diciembre, por la que se establecen los peajes y cánones asociados al acceso de terceros a las instalaciones gasistas, la tarifa de último recurso, y determinados aspectos relativos a las actividades reguladas del sector gasista.
- Orden ITC/3863/2007, de 28 de diciembre, por la que se establecen los peajes y cánones asociados al acceso de terceros a las instalaciones gasistas para el año 2008 y se actualizan determinados aspectos relativos a la retribución de las actividades reguladas del sector gasista.

Observaciones: Modifica los arts. 10.2, 18 y 20 de la Orden ITC/3993/2006; el art. 13 de la Orden ECO/2692/2002; el art. 4.4 y el anexo V de la Orden ITC/3994/2006.

- Orden ITC/3862/2007, de 28 de diciembre, por la que se establece el mecanismo de asignación de la capacidad de los almacenamientos subterráneos de gas natural y se crea un mercado de capacidad.
- ORDEN ITC/3993/2006, de 29 de diciembre, por la que se establece la retribución de determinadas actividades reguladas del sector gasista.
- ORDEN ITC/3994/2006, de 29 de diciembre, por la que se establece la retribución de las actividades de regasificación.
- ORDEN ITC/3995/2006, de 29 de diciembre, por la que se establece la retribución de los almacenamientos subterráneos de gas natural incluidos en la red básica.
- ORDEN ITC/4099/2005, de 27 de diciembre, por la que se establece la retribución de las actividades reguladas del sector gasista
- ORDEN ITC/3655/2005, de 23 de noviembre, por la que se modifican la Orden ECO/31/2004, de 15 de enero, por la que se establece la retribución de las actividades reguladas del sector gasista, la Orden ITC/103/2005, de 28 de enero por la que se establecen los peajes y cánones asociados al acceso de terceros a las instalaciones gasistas, la Orden ITC/104/2005, de 28 de enero por la que se establecen las tarifas de gas natural y gases manufacturados por canalización, alquiler de contadores y derechos de acometida para los consumidores conectados a redes de presión de suministro igual o inferior a 4 bar y la Orden ECO/2692/2002, de 28 de octubre, por la que se regulan los procedimientos de liquidación de la retribución de las actividades reguladas del sector de gas natural y de las cuotas con destinos específicos y se establece el sistema de información que deben presentar las empresas.
- Orden ITC/3126/2005, de 5 de octubre, por la que se aprueban las normas de gestión técnica del sistema gasista
- Orden ITC/102/2005, de 28 de enero, por la que se establece la retribución de las actividades reguladas del sector gasista
- Orden ECO/2692/2002, de 28 de octubre, por la que se regulan los procedimientos de liquidación de la retribución de las actividades reguladas del sector gas natural y de las cuotas con destinos específicos y se establece el sistema de información que deben presentar las empresas

Observaciones: Modificada por corrección de errores publicada en el BOE de 19 de Noviembre de 2002

Tarifas y Peajes Vigentes de Gas

- Orden ITC/3802/2008, de 26 de diciembre, por la que se establecen los peajes y cánones asociados al acceso de terceros a las instalaciones gasistas, la tarifa de último recurso, y determinados aspectos relativos a las actividades reguladas del sector gasista.
- Resolución de 3 de abril de 2009, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se hace pública la tarifa de último recurso de gas natural.

Observaciones: De conformidad con la disposición adicional 1 de la Orden ITC/3802/2008, de 26 de diciembre, y el art. 2 de la Orden ITC/2857/2008, de 10 de octubre.



Tarifas de Gas de Último Recurso

- Real Decreto-Ley 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social. Disposición adicional segunda: designación de los comercializadores de último recurso de gas natural.
- Orden ITC/3802/2008, de 26 de diciembre, por la que se establecen los peajes y cánones asociados al acceso de terceros a las instalaciones gasistas, la tarifa de último recurso, y determinados aspectos relativos a las actividades reguladas del sector gasista.
- Orden ITC/2857/2008, de 10 de octubre, por la que se establece la tarifa del suministro de último recurso de gas natural.
Observaciones: Modificado por corrección de errores publicada en el BOE de 14 de octubre de 2008.
- ORDEN ITC/3861/2007, de 28 de diciembre, por la que se establece la tarifa de último recurso del sistema de gas natural para el año 2008.
- Observaciones:
 - Deroga el art. 3 de la Orden ITC/3992/2006, de 29 de diciembre.
 - Modificado por corrección de errores publicada en el BOE de 21 de febrero de 2008.

Formación de Tarifas y Peajes de Gas

- Orden ITC/3802/2008, de 26 de diciembre, por la que se establecen los peajes y cánones asociados al acceso de terceros a las instalaciones gasistas, la tarifa de último recurso, y determinados aspectos relativos a las actividades reguladas del sector gasista.
- Orden ITC/2857/2008, de 10 de octubre, por la que se establece la tarifa del suministro de último recurso de gas natural.
Observaciones: Modificado por corrección de errores publicada en el BOE de 14 de octubre de 2008.
- ORDEN ITC/3863/2007, de 28 de diciembre, por la que se establecen los peajes y cánones asociados al acceso de terceros a las instalaciones gasistas para el año 2008 y se actualizan determinados aspectos relativos a la retribución de las actividades reguladas del sector gasista.
- ORDEN ITC/3861/2007, de 28 de diciembre, por la que se establece la tarifa de último recurso del sistema de gas natural para el año 2008.
Observaciones:
 - Deroga el art. 3 de la Orden ITC/3992/2006, de 29 de diciembre.
 - Modificado por corrección de errores publicada en el BOE de 21 de febrero de 2008.
- Orden ITC/2795/2007, de 28 septiembre, por la que se modifica la tarifa de gas natural para su uso como materia prima y se establece un peaje de transporte para determinados usuarios conectados a plantas de regasificación.
- Observaciones: De conformidad con la disposición transitoria 4 y 5 de la Ley 12/2007, de 2 de julio.
- ORDEN ITC/3992/2006, de 29 de diciembre, por la que se establecen las tarifas de gas natural y gases manufacturados por canalización, alquiler de contadores y derechos de acometida para los consumidores conectados a redes de presión de suministro igual o inferior a 4 bar.
- ORDEN ITC/3996/2006, de 29 de diciembre, por la que se establecen los peajes y cánones asociados al acceso de terceros a las instalaciones gasistas.
- ORDEN ITC/4100/2005, de 27 de diciembre, por la que se establecen los peajes y cánones asociados al acceso de terceros a las instalaciones gasistas.
- ORDEN ITC/4101/2005, de 27 diciembre, por la que se establecen las tarifas de gas natural y gases manufacturados por canalización, alquiler de contadores y derechos de acometida para los consumidores conectados a redes de presión de suministro igual o inferior a 4 bar
- ORDEN ITC/3655/2005, de 23 de noviembre, por la que se modifican la Orden ECO/31/2004, de 15 de enero, por la que se establece la retribución de las actividades reguladas del sector gasista, la Orden ITC/103/2005, de 28 de enero por la que se establecen los peajes y cánones asociados al acceso de terceros a las instalaciones gasistas, la Orden ITC/104/2005, de 28 de enero por la que se establecen las tarifas de gas natural y gases manufacturados por canalización, alquiler de contadores y derechos de acometida para los consumidores conectados a redes de presión de suministro igual o inferior a 4 bar y la Orden ECO/2692/2002, de 28 de octubre, por la que se regulan los procedimientos de liquidación de la retribución de las actividades reguladas del sector de gas natural y de las cuotas con destinos específicos y se establece el sistema de información que deben presentar las empresas.



Modelo de Auditoria Energetica en el Sector Industrial

- Orden ITC/103/2005, de 28 de enero, por la que se establecen los peajes y cánones asociados al acceso de terceros a las instalaciones gasistas
 - Orden ITC/104/2005, de 28 de enero, por la que se establecen las tarifas de gas natural y gases manufacturados por canalización, alquiler de contadores y derechos de acometida para los consumidores conectados a redes de presión de suministro igual o inferior a 4 bar
 - ORDEN ECO/32/2004, de 15 de enero, por la que se establecen los peajes y cánones asociados al acceso de terceros a las instalaciones gasistas
 - ORDEN ECO/33/2004, de 15 de enero, por la que se establecen las tarifas de gas natural y gases manufacturados por canalización, alquiler de contadores y derechos de acometida para los consumidores conectados a redes de presión de suministro igual o inferior a 4 bar
 - ORDEN ECO/31/2003, de 16 de enero, por la que se establecen las tarifas de gas natural y gases manufacturados por canalización y alquiler de contadores
 - ORDEN ECO/32/2003, de 16 de enero, por la que se establecen los peajes y cánones asociados al acceso de terceros a las instalaciones gasistas
 - Orden ECO/1028/2002, de 29 de abril, por la que se modifica la Orden ECO/303/2002, de 15 de febrero, por la que se establecen los peajes y cánones asociados al acceso de terceros a las instalaciones gasistas
 - Orden ECO/302/2002, de 15 de febrero, por la que se establecen las tarifas de gas natural y gases manufacturados por canalización y alquiler de contadores
- Observaciones: Contiene la metodología de tarifa. Los precios de tarifa incluidos en los Anexos de esta Orden no tienen validez
- Orden ECO/303/2002, de 15 de febrero, por la que se establecen los peajes y cánones asociados al acceso de terceros a las instalaciones gasistas
 - Resolución de 3 de julio de 2008, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se hacen públicos los precios máximos de la tarifa de último recurso de gas natural.
 - Resolución de 3 de abril de 2008, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se publica la tarifa integral de suministro de gas natural, el coste unitario de la materia prima y el precio de cesión.

Normas de Gestión Técnica del Sistema Gasista (NGTS)

- Normas de Gestión Técnica del Sistema Gasista (NGTS), Protocolos de detalle PD-01 a PD-11
- Observaciones: Documento síntesis de las NGTS, actualizado a fecha 31 de diciembre 2008.

Distribución de Gas Natural

- Decreto 2913/1973, de 26 de Octubre, por el que se aprueba el Reglamento General del Servicio Público de Gases Combustibles (B.O.E. de 21/11/73)
- Observaciones: Modificaciones en BOE de 20/2/84. Derogado en su mayor parte por el Real Decreto 1434/2002
- Orden Ministerial, de 18 de noviembre de 1974, por la que se aprueba el Reglamento de Redes y Acometidas de Combustibles, con sus instrucciones técnicas complementarias
- Observaciones: Modificada por las Ordenes 26 de octubre de 1983 (BOE 8-11-83 y corrección de errores BOE 23-7-84), de 6 de julio de 1984 (BOE 23-7-84), de 9 de marzo de 1994 (BOE 21-3-94) y de 26 de mayo de 1998 (BOE 11-6-98). Las modificaciones están incorporadas en el documento, a excepción de la orden de 26 de mayo de 1998, que figura como anexo al documento